السموم الفطرية

أو

سموم الأعفان

الأمراض الفطرية التي تصيب المزروعات والدواجن
وأثرها على الإنسان وطرق معالجتها

تأليف

الأستاذ الدكتور إسماعيل خليل إبراهيم

DKI

دار الكتب العلمية

أسسها محمد علي بيضون سنة 1971

بيروت - لبنان

الكتاب: السموم الفطرية
أو: سموم الأعفان
التصنيف: علم السموم وعلم الزراعة
المؤلف: د. إسماعيل خليل إبراهيم
الناشر: دار الكتب العلميـــة - بيروت
عدد الصفحات: 208
سنة الطباعة: 2008
بلد الطباعة: لبنان
الطبعة: الأولى

Title: Al-sumūm al-futriyyah
(Mycotoxins)
classification: ***Toxicology and agriculture***
Author: Dr. Ismāʿīl Ḫalīl Ibrāhīm
Publisher: Dar Al-Kotob Al-ilmiyah
Pages: 208
Year: 2008
Printed in: Lebanon
Edition: 1st

جميع الحقوق محفوظة
1428 هـ - 2007 م

ISBN 2-7451-5852-X (10 dig)
ISBN 978-2-7451-5852-9 (13 dig)
9 782745 158529 90000

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

تعرض الإنسان على مر العصور ، إلى الكثير من الكوارث التي أدت إلى حدوث اضطرابات اجتماعية خطيرة في العديد من مناطق العالم مثل المجاعات ، التي نجم عنها موت أعداد هائلة من السكان والهجرة فضلا عن هلاك الآلاف من الحيوانات الزراعية ، وكان السبب وراء العديد من هذه الكوارث هو تعرض المحاصيل الزراعية أو منتجاتها للإصابة بالأعفان المنتجة للسموم الفطرية ، ولكن نظرا لعدم تطور الأجهزة المختبرية وتقنيات التحري عن السموم الفطرية في تلك العصور لم يدرك الباحثون والمهتمون بدراسة مسببات هذه الكوارث أن السموم الفطرية التي كانت تفرزها الأعفان عند غزوها لمختلف مصادر الغذاء ، كانت وراء موت أعداد هائلة من البشر وكذلك هلاك الآلاف من الحيوانات الزراعية .

وبقي الحال على ما هو عليه إلى أوائل عقد الستينيات ، إذ أدى هلاك أكثر من مائة ألف فروجه من الدجاج الرومي وعشرات الآلاف من أفراخ البط في بريطانيا إلى طرح الكثير من التساؤلات عن سبب هلاك هذا العدد الهائل من هذه الطيور الداجنة بشكل مفاجئ تماما. وبعد التحري عن السبب توصل الباحثون إلى اكتشاف وجود مركب سام في شحنة مستوردة من كسبة فستق الحقل التي كانت تستخدم كأحد مصادر البروتين في تركيب أعلاف الدواجن. ولقد ساعد تطور تقانات التحليل الكيماوي إلى الكشف عن صيغة هذا المركب والتعرف على خواصه وتمت تسميته بسم الأفلا (Aflatoxin) نسبة إلى عفن الأسبرجلس *Aspergillus flavus* الذي ينتج هذا النوع من السموم الفطرية . لقد أثار هذا الاكتشاف اهتمام العلماء في شتى العلوم الحيوية ، حيث انصب اهتمامهم على دراسة مختلف أنواع الأعفان ، وابتكروا شتى الأساليب الدقيقة للفحص والتحري عن وجود المركبات الأيضية الثانوية التي تنتجها هذه الأعفان عند نموها على مختلف أنواع مصادر الغذاء ، وتوصل العلماء خلال العقود الثلاث الأخيرة من القرن العشرين المنصرم إلى الكشف عن مئات المركبات السمية التي تنتجها مختلف السلالات من أنواع مختلفة من الأعفان ، ولقد تم توصيف هذه المركبات

بشكل دقيق ، ودرست تأثيراتها في الفعاليات الحيوية لمختلف أنواع الكائنات الحية ، سواء تحت ظروف المختبر أو على النطاق الميداني التطبيقي ، وفي ضوء ما تم اكتشافه من خواص هذه المركبات تم تصنيفها تبعا لنوع العفن المنتج لها وكذلك حسب خواصها الفيزياوية وتراكيبها الكيماوية .

إن السموم الفطرية هي مجموعة من المركبات الأيضية الثانوية ذات الأوزان الجزيئية الواطئة نسبيا تنتجها مجموعة الأعفان الخيطية ، ويمكن لهذه السموم أن تلوث الأغذية البشرية أو المواد الأولية المستخدمة في صناعة الأعلاف الحيوانية التي سبق وأن حصل فيها نمو للأعفان المنتجة لهذه السموم في مرحلة ما ربما تقع ما بين إنتاج المحصول الزراعي في الحقل إلى حين وصوله إلى المستهلك .

في العادة، هنالك علاقة مباشرة ما بين وجود السم الفطري ، أو أحيانا مجموعة من السموم الفطرية ، في مختلف أنواع مصادر الغذاء وحدوث الإصابات بالأعفان سواء في الغذاء الكامل أو المواد الأولية المستخدمة في تصنيعه . وبالرغم من أن العفن قد لا يكون موجودا بعد التصنيع والخزن ، ولكن غالبا ما يبقى السم الفطري الذي أنتجه ذلك العفن موجودا في الغذاء . وهنالك العديد من الحالات التي يحدث فيها مرور السموم الفطرية عبر سلسلة الغذاء وظهورها في بعض السلع الغذائية ، مثل الحليب ، على الرغم من أن هذه المادة لم يحدث فيها سابقا أي نمو للأعفان .

تتصف السموم الفطرية بأنها مجموعة من المركبات ذات التنوع الواسع من التراكيب الكيماوية ، كذلك لها مدى واسع من التأثيرات السلبية في الفعاليات الحيوية في جسم الكائن الحي لعل أهمها : إحداث السرطانات ، تلف الكلية والجهاز البولي ، تسمم الأوعية الدموية ، تلف الكبد ، الأكزيما ، النزف الداخلي وغيرها من التأثيرات الضارة الأخرى . من الجدير بالذكر أن بعض السموم الفطرية ، مثل سموم الأفلا ، تحتاج إلى تنشيطها داخل جسم الكائن الحي من خلال سلسلة من التحولات الكيميائية كي تبدأ تأثيرها السمي الضار ، بينما هناك البعض الآخر من هذه المركبات السمية يكون باستطاعتها إحداث تأثيرها السمي الضار فور دخولها جسم الكائن الحي بدون الحاجة إلى تنشيطها مسبقا مثل مجموعة الترايكوثسينات .

بالرغم من وجود عدد كبير من الأعفان من مختلف الأنواع والأجناس التي بمقدورها إنتاج المركبات السمية ، إلا أن الأعفان من أجناس الأسبرجلس ، البنسيليوم والفيوزاريوم تعد الأكثر أهمية من بينها ، وإن هناك عدد من الأنواع تنتمي إلى كل جنس من الأجناس الثلاث آنفة الذكر لها القدرة على إنتاج العديد من

المركبات السمية ، فضلا عن الانتشار الواسع لهذه الأعفان في مختلف أرجاء العالم وتكيفها للعيش في ظروف بيئية متباينة .

في ضوء التطور السريع الذي حصل خلال الثلاثين سنة الأخيرة من القرن العشرين المنصرم فيما يخص دراسة السموم الفطرية ونظرا لتجمع كم هائل من المعلومات عنها خلال تلك الفترة الزمنية ، ارتأينا أنه من الضروري أن يطلع الباحث والقارئ العربي على أحدث وآخر ما توصل إليه العلم الحديث من كشف غوامض هذه المركبات السمية ومخاطرها الهائلة سواء بالنسبة لصحة الإنسان أو الحيوانات الزراعية على اختلاف أنواعها . وبالرغم من أن العديد من العلماء العرب تطرقوا في مختلف مؤلفاتهم إلى الأعفان ومخاطرها والأضرار التي تحدثها عند غزوها لمختلف المحاصيل الزراعية والمنتجات الغذائية إلا أنه من النادر العثور في مثل هذه المؤلفات على أية معلومات تفصيلية معمقة ودقيقة حول السموم الفطرية من حيث صفاتها ، تراكيبها ، آثارها السمية ، طرق التحري عنها ووسائل السيطرة عليها . عليه ، بعد التوكل على الله عز وجل ، عقدنا العزم على إعداد مؤلف يحتوي على مثل هذه المعلومات التفصيلية الهامة بهدف إغناء المكتبة العربية أولا ، وتوعية المهتمين في الوطن العربي بأخطار هذه المركبات السمية وكيفية تجنبها ثانيا ، خاصة وأن العديد من أقطار العالم العربي ، إن لم تكن جميعها ، تقوم باستيراد الكثير من السلع الزراعية لأغراض الاستهلاك البشري أو لصناعة العلف الحيواني من مختلف المناشئ دون الأخذ بعين الاعتبار أهمية التأكد من خلو هذه السلع الزراعية ، مهما كانت مصادرها ، من السموم الفطرية حفاظا على صحة المواطن العربي وحيواناته الزراعية التي تعد ركنا مهما من أركان الدخل القومي الوطني .

نرجو من الله عز وجل أن نكون قد وفقنا في مسعانا من أجل إعداد هذا المؤلف المتواضع بهدف تسليط الضوء على مشكلة السموم الفطرية وأبعادها الخطيرة إذا ما دخلت في سلسلة الغذاء البشري أو الأعلاف الحيوانية وما يترتب على ذلك من أثار سلبية صحية واقتصادية كبيرة فضلا عن كونها أحد أهم ملوثات البيئة في وقتنا الحاضر.

والله سبحانه وتعالى ولي التوفيق........

المؤلف

الفصل الأول
الأعفان

نظرة تاريخية

يعتقد المؤرخون أن الأعفان ظهرت مع ظهور أول بوادر الحياة على الأرض وذلك منذ عدة ملايين من السنين ، ولقد لاحظ المهتمون بعلوم الحفريات وجود علامات مرضية على بعض حفريات النباتات المتحجرة يعود تاريخها إلى زهاء مائتي مليون سنة مضت . ثم إنه بعد بدء فجر الحضارات الأولى والاستقرار وتعلم الزراعة ، لاحظ الإنسان في تلك العصور ظهور بعض الأعراض غير الطبيعية على المحاصيل الزراعية التي كانت معروفة آنذاك وسجل تأثيرها الضار على الأداء الإنتاجي لتلك المحاصيل ، غير أنه لم يدرك حقيقة وطبيعة تلك الأعراض ومسبباتها الواقعية ، بل أعطيت لها تفسيرات خرافية ارتكزت على بداءة العقائد السائدة وسيطرة الخرافات والسحر على فكر وحياة الناس في ذلك الحين ، ومن الحقائق الثابتة من خلال ما ورد في الرقم الطينية والوثائق التي عثر عليها من أوابد حضارات عدة، أن السومريين ، الإغريق ، الرومان والصينيين القدماء لاحظوا أمراض الصدأ والتفحم على الحبوب كما لاحظوا اللفحة على بعض المحاصيل الزراعية الأخرى حيث وصفوا هذه الإصابات المرضية وصفا تفصيليا وسجلوا الأضرار التي سببتها تلك الأمراض ، ولكن لم يعرفوا حقيقة نشأتها ومسبباتها ، ولعل أول تدوين لهذه الإصابات، كما تشير إليه الوثائق التاريخية المتوفرة، هو في الحضارة السومرية في موقع جرمو التاريخي في العراق قبل أكثر من خمسة آلاف عام قبل الميلاد ، حيث يبدو مما هو متوفر من المعلومات المكتوبة على الرقم الطينية التي عثر عليها في الموقع آنف الذكر ورود النص التالي (إن المزارعين ارتابوا بوجود حالة غير طبيعية في محاصيلهم حيث لاحظوا أن بعض الحقول تعطي حاصل ذو حبوب ضعيفة وإنتاجا متدنيا ورافق ذلك وجود مادة سوداء على الحبوب في بعض النباتات).

من جهة أخرى ، ظهرت في كتابات العالم الإغريقي ثيو فراستس (286-370ق.م.) ، الذي يعد الرائد الأول في علم النبات ، بعض ملاحظاته وآرائه حول العديد من الأمراض النباتية وتأثير الأعفان على المحاصيل الزراعية في زمن اليونانيين . وذكر بليني في القرن الأول بعد الميلاد ، أن أصداء القمح والشعير كانت أهم الأمراض وأكثرها دمارا في زمن الرومان. ولعل أول ملاحظة علمية

حول الإصابات بالأعفان وخطورتها قد تمت الإشارة إليها من قبل العالم رمنانت (1637م) ، غير أنه لم تبدأ معرفة الأعفان كعلم إلا بعد تقدم صناعة العدسات وأصبح بالإمكان رؤية بعض الكائنات الدقيقة بواسطة المجهر الضوئي الذي اخترعه العالم الهولندي فإن لو فنهوك عام (1638م) ، ويعد بريفوست أول من نشر بحثا عام (1807م) عن العفن المسبب لمرض التفحم المغطى في القمح ، حيث درس نمو العفن المسبب للمرض داخل نبات القمح ثم تكاثره في جنين البذرة وأوضح كذلك أن معاملة البذرة بمحلول من كبريتات النحاس ($CuSO_4$) يمنع نمو العفن ، وقد أثار هذا البحث اهتمام الباحثين والدارسين في تلك الحقبة الزمنية ، وفي ضوء ذلك وضعت الأسس الواقعية لدراسة الأمراض الناجمة عن الأعفان في أواسط القرن الثامن عشر حيث ساعد تطور الأجهزة والمعدات المختبرية في تلك الحقبة على تشخيص العديد من الأعفان والتعرف على طبيعة تكاثرها وأضرارها وقد اتسمت الحقبة الزمنية من (1850-1880م) بدراسات قيادية لثلاثة من العلماء البارزين في تلك الحقبة هم العالم لويس باستور الذي بين أن وجود الطفيل في العائل هو العامل الأساسي لإحداث المرض، والعالم أنتون دي باري الذي درس نمو ودورة حياة كثير من الأعفان المسببة لبعض الأمراض الهامة كمرض اللفحة المتأخرة في البطاطا وصدا القمح ، والعالم روبرت كوخ الذي استنبط طريقة زرع الأعفان في أطباق خاصة وإنمائها بحالة نقية.

أما الدراسات التي بدأت منذ أواخر القرن التاسع عشر فقد اشتملت على دراسات وبحوث مستفيضة ودقيقة كان هدفها محاولة التعرف على الأعفان وتحديد خصائصها وصفاتها المظهرية وسلوكها الفسيولوجي ودورة حياتها ثم استنباط الطرق الفعالة لمكافحتها أو الحد من أضرارها .

لقد تبين من الدراسات آنفة الذكر أن أضرار الأعفان كثيرة ومتعددة ، وتبدأ هذه الأضرار بالبذرة نفسها ، إذ تبين أن الإصابات بالأعفان في هذه المرحلة تسبب فقدان البذرة لحيويتها مما يؤدي إلى فشل الإنبات كما في حالة إصابة بذور الفاصوليا بالعفن من نوع *Sclerotinia sclerotiorum* ، كما أن هناك أنواع أخرى من الأعفان التي ينجم عن الإصابة بها تدهور حيوية البذور بشكل كبير ، فعلى سبيل المثال لا الحصر تنخفض حيوية بذور الذرة البيضاء من (90%) إلى (6%) عند إصابتها بالعفن *Colletotrichum graminicola* ولا يقتصر الضرر الناجم عن الإصابات بالأعفان على الفقدان الكلي لحيوية البذور أو تدهورها جزئيا وحسب ،

ولكن غالبا ما يؤدي إلى القضاء على المحاصيل الزراعية كليا مسببا بذلك حدوث الكوارث نتيجة لنقص الغذاء ، ولعل التاريخ خير شاهد على ذلك حيث تشير المعلومات التاريخية المدونة عبر القرون الماضية أن الإصابات بالأعفان كانت سببا ، في كثير من الأحوال ، في حدوث خسائر كبيرة ونقص في المحصول مما ترتب عليه حصول اضطرابات اجتماعية عديدة مثل حدوث المجاعات ، موت أعداد هائلة من السكان نتيجة لذلك أو هجرة السكان الجماعية إلى بلدان أخرى بحثا عن الغذاء .

الأضرار المباشرة لإصابة المحاصيل الزراعية بالأعفان :

من الأمثلة على الأضرار المباشرة التي تسببها الأمراض الفطرية للمحاصيل الزراعية وصحة الإنسان والحيوانات الزراعية ما يلي :

1- تلف أو تعفن التقاوي الناجم عن تعرضها للإصابة بالأعفان الموجودة في التربة مما ينجم عنه ضعف وموت البادرات فيضطر المزارع إلى الترقيع أو إعادة الزراعة كليا ، وما يترتب على ذلك من كلف إضافية وهدر في الموارد فضلا عن تأخر موعد زراعة المحصول وبالتالي تدهور الإنتاج نسبة إلى وحدة المساحة .

2- نقص في غلة المحصول نتيجة الإصابات الكلية أو الجزئية في الحقول المزروعة بذلك المحصول ، كما في حالة إصابة القمح بمرض الصدأ أو القطن بمرض الذبول ، وربما تؤدي الإصابات الوبائية إلى القضاء على المحصول كليا كما حصل عند إصابة أشجار الكستناء في الولايات المتحدة الأمريكية عام (1904م) حيث أدت إصابة هذه الأشجار في شرقي الولايات المتحدة بمرض اللفحة الذي سببه العفن *Endothia parasitica* إلى القضاء على مساحات واسعة من غابات هذه الأشجار التي كانت تمتد ما بين ولايتي مين شمالا وكارولينا الشمالية جنوبا ، من جهة أخرى ربما تؤدي الإصابات بالأعفان في بعض المناطق إلى إلغاء زراعة المحصول كليا نتيجة عدم إمكانية التغلب على الأعفان المسببة للأمراض كما حصل مع محصول البن في الشرق الأوسط ، ويذهب البعض إلى أن من بين عوامل هزيمة الألمان في الحرب العالمية الأولى (1914-1918م) هو سوء حالة البلاد الاقتصادية ونقص الإنتاج الزراعي فيها بسبب اشتداد إصابة محصول البطاطا بمرض اللفحة المتأخرة خلال فترة الحرب . وخلال النصف الثاني من القرن العشرين سببت الأعفان وسمومها خسائر جسيمة في عدد من دول

العالم ، ففي عام (1981م) سببت سموم السبورروديزمايين (Sporidesmins) التي ينتجها العفن من نوع *Pithomyces cartarum* خسائر لمربي الأغنام في نيوزيلندا قدرت بأكثر من مائة مليون دولار ، وفي عام (1977م) سبب تلوث الذرة الصفراء بسموم الأفلا (Aflatoxin) في الولايات الأميركية الجنوبية الشرقية خسائر لمنتجي هذا المحصول والمتعاملين فيه قدرت بأكثر من مائة وعشرة مليون دولار ، وسبب تلوث القمح بسموم عفن الفيوزاريوم من النوع*graminearum* خسائر فادحة لمزارعي هذا المحصول في كندا ، وفي عام (1970م) سبب مرض لفحة الأوراق الجنوبية الناجم عن العفن *D. maydis* خسائر لمنتجي الذرة الصفراء في أمريكا الشمالية قدرت قيمتها بأكثر من مليار دولار ، وكان إجمالي الفقد في الحاصل الكلي زهاء (15%). من جهة أخرى ، يعد تصدير المنتجات الزراعية على اختلاف أنواعها أحد أهم موارد الدخل القومي لكثير من دول العالم الثالث ، عليه فإن تلوث المحاصيل الزراعية المعدة للتصدير بالأعفان وسمومها سوف يعمل على خفض صادرات هذه البلاد وبالتالي حدوث عجز اقتصادي كبير في ميزان المدفوعات والواردات نتيجة لرفض الدول المستوردة قبول شحنات من هذه المحاصيل بسبب احتوائها على مستويات من السموم الفطرية تفوق تلك المسموح بها دوليا .

3- تدني القيمة التجارية للمحصول بسبب حدوث تشوهات في شكل أو مظهر الثمار كما في حالة إصابة ثمار الفواكه ببعض الأعفان التي تكوّن هايفات خضراء أو سوداء اللون على سطح الفواكه المصدرة.

4- تلف المحاصيل الزراعية ومنتجاتها بعد الحصاد ، وذلك أثناء عمليات التعبئة ، النقل ، التخزين والتسويق ، إذ أن حصول أي خطأ في العمليات آنفة الذكر يؤدي إلى تشجيع نشاط الأعفان ونموها وبالتالي تلف الحاصل بعد الحصاد . فمحاصيل الحبوب (القمح ، الشعير ، الذرة الصفراء وغيرها) معرضة للإصابة بأنواع عديدة من أعفان الأسبرجلس *Aspergillus* والبنسيليوم *Penicillium* بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة في الحبوب عن (14%) خلال فترة التخزين ، وبصورة عامة تقدر الخسائر في السلع الغذائية نتيجة للإصابات بالأعفان أثناء التخزين بآلاف الملايين من الدولارات سنويا في مختلف أرجاء العالم نتيجة لسوء إدارة عملية التخزين.

5-قد تؤدي بعض الإصابات بالأعفان إلى عدم صلاحية المحصول المصاب

للاستهلاك البشري المباشر أو في صناعة أعلاف الحيوانات الزراعية ، فمثلا إصابة القمح والشوفان بالعفن *Claviceps purpurea* الذي ينجم عنه تكوين الأجسام الصخرية الحاوية على قلويات الأرجوت أدى إلى حدوث حالات تسمم خطيرة عند استخدام تلك المحاصيل في صناعة الخبز ، وقد تسبب ذلك في هلاك الآلاف من سكان أوربا الوسطى في القرون الماضية.

6- إصابة الدواجن بأمراض تسبب خسائر كبيرة بسبب تدهور النمو أو ارتفاع نسبة الهلاكات مثل الإصابة بمرض الأسبرجلوسس(وهو مرض خطير يصيب الجهاز التنفسي في الطيور الداجنة) الناجم عن الإصابة بالعفن *A. niger* .

وبصورة عامة كان لظهور بعض الأمراض الفطرية وانتشارها بدرجة وبائية في مختلف أرجاء العالم أثر كبير على الحالة الاجتماعية والاقتصادية لشعوب تلك البلاد ويعد مرض اللفحة المتأخرة الذي ينجم عن الإصابة بالعفن *Phytophthora infestans* وظهوره بدرجة وبائية على نباتات البطاطا في إيرلندا عام (1845م) سببا في حدوث المجاعات ونجم عن ذلك اضطرابات اجتماعية واقتصادية خطيرة ، إذ أن البطاطا تعد المحصول الرئيسي للبلاد والغذاء الأساسي للسكان هناك ، فقد أدى استفحال المرض إلى القضاء الكلي على محصول البطاطا ونتج عن هذا الوباء موت نصف مليون نسمة في عام واحد بسبب الجوع ، كما أن مليونا آخرين ماتوا خلال السنوات اللاحقة ، وفي خلال هذه المدة هاجر ما يقرب من مليون إيرلندي إلى الولايات المتحدة الأمريكية ، ويرجع سبب حدوث المجاعة وتشرد السكان في إقليم البنغال في الهند عام (1942م) إلى إصابة محصول الرز بمرض البقعة البنية الذي سببه العفن *Dreschslera oryzae* .

من جهة أخرى تعمل السموم الفطرية التي تحدث في المحاصيل الزراعية نتيجة نمو الأعفان عليها على خفض نوعية المنتج الزراعي ، ويتسبب ذلك في رفض مثل هذه المحاصيل من قبل الجهات المستوردة ، ولهذه المسألة وقع اقتصادي وسياسي كبير ، خاصة بالنسبة لدول العالم الثالث ، حيث توفر ظروف البيئة مرتعا ملائما لنمو الأعفان وإنتاجها للسموم الفطرية ، فتلجا هذه الدول إلى تصدير الجزء الصالح والخالي من السموم الفطرية من محاصيلها لغرض تحقيق مورد للعملة الصعبة ، مما يضطر السكان المحليين والحيوانات الزراعية إلى استهلاك ما هو غير صالح للتصدير من هذه المحاصيل الذي هو أصلا ملوث بالسموم الفطرية ، مما يترتب على ذلك تدهور المستوى الصحي للسكان وربما

حصول نسبة عالية من الوفيات وتدهور الإنتاج الحيواني وما إلى ذلك من آثار سلبية خطيرة في الوضع الاقتصادي العام لتلك البلدان.

الوصف العام للأعفان :

تكوّن الأعفان مجموعة متباينة من الكائنات الحية التي تنتشر في مختلف أرجاء الكرة الأرضية ، وهذه الكائنات تختلف عن بعضها البعض الآخر في حجمها ، قوامها ، طبيعة معيشتها وطرق تكاثرها ، وقد تمكن العلماء من تشخيص وتسمية زهاء (8000) نوع من الأعفان إلى يومنا هذا .

للأعفان غشاء واضح المعالم يحيط بالنواة المحتوية على عدد من الكروموسومات وبذلك تتميز بشكل واضح عن البكتريا . كما أنها تحتاج إلى مركبات الكربون العضوي في تراكيبها الكيماوية ، وهذه صفة تميزها عن النباتات ، ولجميع أنواع الأعفان ، باستثناء عدد محدود منها ، جدار خلوي واضح التكوين بشكل جيد ، والذي يجب أن تمر من خلاله كافة العناصر الغذائية على هيئة سوائل ، وبذلك تختلف عن الحيوانات .

ويمكن تقسيم الأعفان حسب أهميتها الاقتصادية إلى عدة مجموعات وكما مبين أدناه .

1-الأعفان الضارة أو الممرضة :

وهي مجموعة الأعفان التي تصيب المحاصيل الزراعية وتسبب تدهور الإنتاجية أو تدمير المحصول كليا. ولا يقتصر ضررها على المحاصيل الزراعية في الحقول وحسب وإنما يستمر أثناء فترة التخزين ، حيث أن قسما من هذه الأعفان ينتج سموما تلوث المحاصيل الزراعية المخزونة مما يؤثر في صحة مستهلكيها من البشر والحيوانات الزراعية فضلا عن تسببها في تدهور القيمة النوعية للمحصول .

2-الأعفان الطبية :

وهي الأعفان التي تستخدم لإنتاج المضادات الحيوية أو المواد الأولية الداخلة في تراكيبها التي ساعدت في القضاء على الكثير من الأمراض الناجمة عن مختلف أنواع البكتريا المرضية ، ولعل خير مثال على هذه الأعفان هو إحدى سلالات الفطر بنيسليوم .

3-الفطريات الغذائية :

وهي التي تصلح للاستهلاك البشري المباشر وتحتوي على مستويات عالية

من البروتين مثل الكما والمشروم (عش الغراب) .

4 – الأعفان الصناعية :

وهي التي تستخدم في مختلف الصناعات الغذائية مثل صناعة الجبن والتخمير وإنتاج الفيتامينات وبعض الحوامض العضوية مثل بعض سلالات العفن من نوعي الأسبرجلس أو البنسيليوم .

5 – الأعفان المفترسة :

يمكن أن تعد من الوسائل الفعالة في برامج المكافحة الحيوية للآفات الزراعية حيث تعيش هذه الأعفان على افتراس الديدان الثعبانية ، ومعظم أجناس هذه المجموعة تصنف ضمن مجموعة الأعفان الناقصة، ولها عدة طرق في مهاجمة وأسر وقتل وامتصاص فرائسها من الديدان الثعبانية.

6 – الأعفان التي تستخدم في الدراسات الوراثية:

مثل عفن الخبز الأحمر الذي اكتشف عام (1927م) .

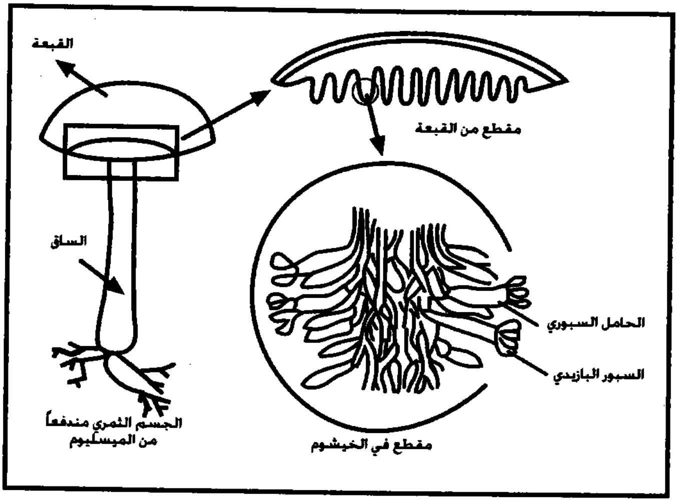
تكوين الأعفان وطرق تكاثرها:

تتكون أجسام الأعفان من خيوط دقيقة مجهرية يعرف كل منها باسم هيفا (hypha) ، وهذه الخيوط أو الهيفا تنمو وتتفرع وتتشابك معا لتكون المسيليوم (myceilum) الذي يطلق عليه الغزل الفطري وهو الذي يكون جسم أو كيان طفيلي ، والأعفان مهما بلغ حجمها لا يتكون جسمها إلا من هذه الهيفات فقط فلا يتميز في تركيبها أي أنسجة كما هو معروف في النباتات أو الحيوانات الراقية (الشكل1-1) ، (الشكل1-2).



الشكل (1 - 1) مخطط يوضح نمو الهيفات وتقسيمها

تنمو هيفات العفن نموا طرفيا وتمتد على الوسط أو البيئة التي عليها وتتفرع بتكوين أفرع بالقرب من نهاية أطراف الهيفات ، ويستدل من طريقة النمو الطرفي للهيفات على وجود ميكانيكية معينة في هذه المنطقة تعمل على توجيه شكل النمو وعلى إضافة المادة التي تلزم لتكوين الجدار الخلوي وذلك بأن يندفع السايتوبلازم إلى الأمام لملء المسافة الجديدة التي يكونها العفن نتيجة نمو وامتداد الهيفات تاركا الأجزاء القديمة فارغة المحتويات ، وهذه الأجزاء القديمة من الهيفات تفصل عن باقي الأجزاء الحديثة النشطة بتكوين حواجز مستعرضة (Septa) ، وليست جميع الأعفان تتكون من خيوط هيفية متفرعة ولكن هناك أعفان تكون هيفات قصيرة ذات نمو محدود ، كما أن هناك مجموعة من الأعفان اللزجة يكون الجسم الخضري فيها عبارة عن كتلة بروتوبلازمية عارية بدون جدار خلوي يسمى بلازموديوم ، كما إن بعض الأعفان تكون وحيدة الخلية ، وهي مرتبطة ارتباطا وثيقا بالأعفان الخيطية وتتكاثر خضريا بطريقة خاصة يطلق عليها التبرعم ، وينتج عنها مستعمرة تعرف بالميسيليوم المتبرعم . وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن بعض الأعفان لها القابلية على اتخاذ صور مختلفة من النمو كأن تكون مثلا نمو خيطيا تحت ظروف بيئية معينة ، في حين أنها تحت ظروف أخرى يمكنها أن تتخذ شكلا آخر من النمو ، وتعرف هذه الحالة بخاصية تعدد أشكال النمو (Dimorphism) .



شكل (1 - 2) أجزاء جسم الفطر

نظرا لعدم احتواء جسم الأعفان على مادة اليخضور (الكلوروفيل) التي توجد في النباتات الخضراء الراقية مما يمكنها من تكوين غذائها من خلال عملية التركيب الضوئي ، لذلك فإن الأعفان لا يمكنها أن تكون غذائها ذاتيا ، بل يتعين لها أن تحصل على غذائها العضوي في صورة جاهزة بطريقة التطفل على الكائنات الحية خلال طور من أطوار حياتها.

وبعد اكتمال النمو الخضري للعفن يبدأ في تكوين الأجزاء الإكثارية التي تعمل على حفظ النوع وعدم اندثاره ، وهناك نوعان من التكاثر يمكن تمييزها في الأعفان وهي كالأتي :

1-التكاثر الجنسي :

وهي عملية اتحاد خليتين أو نواتين تحوي كل واحدة منها على نصف العدد الأصلي من الكروموسومات لتكوين بيضة مخصبة ينتج عنها ابواغ (spores) ، وغالبية الأعفان تكون أبواغا تختلف في نشأتها وأشكالها وتراكيبها حسب العفن المكوّن لها ، ولهذا فإن الصفات المظهرية للأبواغ لكل عفن تعد من الصفات الوراثية الثابتة التي يمكن الاعتماد عليها في التعرف عليه وتصنيفه،و تقوم الابواغ في الأعفان بالدور الذي تقوم به البذرة في النباتات البذرية الراقية من حيث الانتشار والتكاثر ، ولكن تختلف الأبواغ الجنسية عن البذرة بعدم احتوائها على الجنين .

2- التكاثر اللاجنسي :

وهي الحالة التي يتم فيها التكاثر خضريا دون أن يحصل اندماج في الخلايا أو النوى ، ويعد هذا النوع من التكاثر أكثر أهمية للأعفان من التكاثر الجنسي وأهم أنواعه ما يلي :

أ-التكاثر بالتجزؤ .

ب-الانشطار .

ج-التبرعم .

د-تكون الأبواغ اللاجنسية.

الوضع التصنيفي للأعفان :

جرى العرف على اعتبار الأعفان قسم من أقسام المملكة النباتية وهو قسم النباتات الثالوسية ، إذ أن الكائنات التي تقع تحت هذا القسم تكون أقرب في صفاتها إلى النباتات من حيث عدم قدرتها على الحركة وفي امتصاصها للمواد

الغذائية البسيطة على شكل محاليل مائية كما أنها تشابه النباتات في وجود جدر خلوية محددة تحيط بخلاياها ، ومع ذلك فإن هذه الكائنات الفطرية تختلف عن النباتات في صفة أساسية وهي عدم احتوائها على مادة اليخضور (الكلوروفيل) وبالتالي عدم قدرتها على القيام بعملية التركيب الضوئي ، ولا يشذ عن هذه القاعدة أي نوع من الأعفان المعروفة إلى يومنا هذا ، وفضلا عما سبق ذكره فإن الأعفان تختلف عن كل النباتات والحيوانات الراقية في أن أجسامها لا تتكون من أنسجة حقيقية بل إنها تتكون من هيفات على عكس ما هو معروف عن التركيب النسيجي للحيوانات والنباتات .

نمو وتغذية الأعفان :

تحصل الأعفان على غذائها إما من خلال تطفلها على الكائنات الحية أو تكون رمية أي تحصل على غذائها من المادة العضوية المتخلفة من النباتات الميتة وغيرها . وبصورة عامة تعد الأعفان من الكائنات غير القادرة على تصنيع غذائها ، عليه يجب توفر مصدر مستمر للغذاء لها لكي تتمكن من النمو والبقاء .

تستطيع الغالبية العظمى من الأعفان النمو تحت درجات حرارة تتراوح ما بين (صفر-35°م) ، لكن درجة الحرارة المثلى لهذا الغرض تقع ما بين (20-30°م) ، والأعفان على العكس من البكتريا تفضل الوسط الحامضي لعيشها ، وإن درجة تركيز أيون الهيدروجين (pH) البالغة (6) تعد قريبة جدا من الحد الأمثل لأغلب أنواع الأعفان المعروفة ، وبالرغم من عدم حاجة الأعفان للضوء لغرض النمو ، إلا أن هناك ضرورة للإضاءة بقدر محدود لغرض تكوين السبورات .

التسمم الميسيلي :Mycetisms

تشير الكتابات التاريخية المدونة من عهود الرومان والإغريق إلى معرفة الإنسان بصلاحية بعض الفطريات للاستهلاك كمصدر للغذاء ، كما أشارت هذه الوثائق إلى معرفته بسمية بعض أنواعها ، ولكن هناك سوء فهم بين هؤلاء القدماء حول كيفية تشخيص بعض الأنواع السامة عن الأنواع الصالحة للأكل ، فقد ادعى هوارس أن كل الفطريات التي تنمو في المروج تعد صالحة للأكل ، أما ديسكوريدس فقد ادعى أن الفطريات السامة تكون مغطاة بطبقة مخاطية كثيفة ويتم تحللها بسرعة كبيرة بعد جمعها من الأرض . وبالرغم من هذه الآراء المتناقضة حول كيفية تشخيص الفطريات السامة من غيرها استمر الإنسان عبر القرون بشكل

أو بآخر بالقيام باستهلاك بعض أنواع الفطريات كجزء من غذائه .

أما في الوقت الحاضر فقد أصبح فطر المشروم *Agaricus bisporus* والأنواع الأخرى الشديدة القرابة منه ، من المنتجات ذات الأهمية الاقتصادية الكبيرة في العديد من بلدان العالم ، حيث أصبح إنتاج هذا النوع على نطاق تجاري يشكل صناعة تستثمر فيها ملايين عدة من الدولارات ، وبالرغم من هذا التطور لا يزال البعض يقومون بجمع الأنواع البرية لغرض الاستهلاك الغذائي ، وبالرغم من توفر المعلومات الكافية حول سمية بعض هذه الأنواع ، غير أنه لازالت تحدث حالات من التسمم أو ربما الوفاة أحيانا نتيجة لاستهلاك بعض الأنواع السامة بطريق الخطأ مثل فطر الأمانيتا *Amanita phalloides* أو الفطر من جنس *Cortinarius orellanus* ولقد تم تشخيص العديد من سموم هذه الفطريات وتحديد صفاتها الكيماوية (الجدول1-1) ولكن لا تصنف من ضمن السموم الفطرية التي سيتم تناولها في فصول لاحقة ، وإن التسمم الناجم عن الاستهلاك غير الحكيم لبعض أنواع هذه الفطريات والتعرض لسمومها يسمى بالتسمم الميسيلي .

الجدول (1-1) : بعض الفطريات السامة والمركبات السامة التي تحويها .

نوع الفطر	المادة السمية الرئيسية
Amanita phalloides Inocybe patouillardii Cortinarius orellanus Gyromytra esculenta*	Phalloidin الفالويدين Muscarine الموسكارين Orellanine الأوريلانين N-methyوN-formyl hydrazine

* يصلح هذا الفطر للأكل إذا ما تم غسله جيدا وطبخه لإزالة السم الموجود فيه .

السموم الفطرية : Mycotoxins

لا يقتصر التأثير المدمر للأعفان على إتلاف المحاصيل الزراعية وحسب ، وإنما هناك العديد من الأعفان التي تتكاثر على المحاصيل الزراعية أثناء الخزن ، أو حتى أثناء وجود المحصول في الحقل وتقوم بإنتاج مواد سامة تسبب أخطارا صحية جسيمة عند استخدام الحاصل الملوث بهذه السموم من قبل الإنسان أو الحيوان

الزراعي ، وأصبحت هذه المسألة من أهم مشاكل التلوث الغذائي في وقتنا الحاضر . السموم الفطرية هي من المركبات الأيضية الثانوية ذات الأوزان الجزيئية الواطئة نسبيا تنتجها مجموعة الأعفان الخيطية التي يمكن أن تلوث الغذاء البشري أو الأعلاف الحيوانية ابتداء بالحقل وانتهاء بالمستهلك ، وتعرف هذه المجموعة من المركبات الأيضية الثانوية السامة الناتجة من هذه الأعفان باسم السموم الفطرية (Mycotoxins) ، وقد تم إلى يومنا هذا اكتشاف عدة مئات من أنواع السموم الفطرية لعل أهمها سموم الأفلا (Aflatoxins) ، الزيرالينون (Zearalenone) ، الترايكوثسين (Trichothecin) ، سموم الأوكرا (Ochratoxin) ، الروبراتوكسين (Rubratoxin) والأرجوت (Ergot) ، وجميعها مركبات سامة تؤثر في الفعاليات الحيوية لجسم الكائن الحي بشتى الصور وربما تؤدي في نهاية المطاف إلى هلاكه إذا ما تناولها بمستويات تفوق الحدود التي اتفق دوليا على السماح بوجودها في المواد الأولية ، سواء تلك المستخدمة في غذاء الإنسان أو التي تدخل في صناعة الأعلاف الخاصة بالحيوانات الزراعية ، وفيما يلي شرحا موجزا لأهم أنواع السموم الفطرية :

1- سموم الأفلا :

اكتشفت سموم الأفلا لأول مرة عام (1961 م) بعد حدوث حالة وبائية عام (1960) في جنوب شرق إنكلترا أدت إلى هلاك قرابة مائة ألف من فراريج الدجاج الرومي خلال فترة قصيرة ، وعند تتبع الحالة ودراستها تم تشخيص المسبب لهذه الحالة المرضية وتبين أنه مادة سمية ينتجها العفن من نوع *Aspergillus flavus* وسمي المركب السام المعزول بسم الأفلا (Aflatoxin) نسبة إلى العفن الذي أنتجه ، وقد أثار هذا الاكتشاف الكثير من الاهتمام آنذاك حيث تناوله علماء التغذية والكيمياء الحيوية وأمراض الحيوان بالبحث المعمق ونشر عن هذا الموضوع خلال عقد واحد من الزمن في القرن العشرين زهاء (1200) بحثا ، وتشير الدراسات المتوفرة إلى أن أكثر الأعفان المنتجة لسموم الأفلا هما بعض السلالات التابعة للنوعين *A. flavus* و *A.parasiticus* .

وتشمل سموم الأفلا على أربعة أنواع رئيسية هي المركبات السمية ، B1 B2 ، G1 و G2

ويتوقف إنتاج هذه الأنواع الأربعة على نوع وسلالة العفن ، فالعفن من سلالة

A. flavus ينتج سموم B1 بالدرجة الرئيسية وهو يعد من أكثر الأنواع سمية و B2 بدرجة أقل ولا ينتج النوعين الأخيرين من السموم، أما سلالات النوع *A. parasiticus* فتنتج الأنواع الأربعة من السموم المذكورة أعلاه ، ويتوقف إنتاج نوع وكمية سموم الأفلا في المحاصيل الزراعية على العديد من العوامل لعل أهمها: 1-نوع وسلالة العفن .

2- درجة الحرارة البيئية في أماكن الخزن التي تكون بحدود (30-35°م) .

3- مستوى الرطوبة في الحبوب المخزونة لا يقل عن (16-18%) .

بصورة عامة وجدت سموم الأفلا في العديد من أنواع المحاصيل الزراعية مثل البازلاء ، فستق الحقل ، الفاصوليا ، فول الصويا ، الفلفل ، القطن ، اللوز ، الجوز ، الفستق ، القمح ، الشعير ، الذرة الصفراء والبيضاء وغيرها ، وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن احتواء الحبوب على نسبة عالية من الكاربوهيدرات ، مثل الرز ، القمح والذرة الصفراء يساعد على إنتاج كمية أكبر من سموم الأفلا مقارنة بما هو عليه الحال في البذور الزيتية مثل فستق الحقل .

2-الزيرالينون :

ينتج هذا المركب السام بعض سلالات عفن الفيوزاريوم التي تنتشر على محاصيل الحبوب سواء في الحقول أو في المخازن ، ويتوقف الضرر الذي تحدثه هذه الأعفان على سلالة العفن وكمية المادة السامة التي تنتج داخل البذرة نفسها . ومن سلالات العفن *Fusarium* التي تنتج الزيرالينون هي *F.graminearum* ، *F.roseum* ، *F.monilliforme* *F.sporotrichioides* و *F.tricinctum* ، ولكن أكثر السلالات آنفة الذكر إنتاجا لمادة الزيرالينون السامة هو العفن من سلالة *F.roseum* حيث ينتج زهاء (3000-15000) جزء بالمليون بينما السلالة *F.monilliforme* تنتج ما بين (1-19) جزء بالمليون من نفس المركب السام .

3- الترايكوثسينات :

تنتج هذه المجموعة من السموم الفطرية عدة أنواع من الأعفان ويعود أغلبها إلى جنس الفيوزاريوم ، وأنواع أخرى لعل أهمها *Trichothecium roseum* التي يكثر انتشارها في الحبوب المخزونة تحت ظروف سيئة التي تشمل ارتفاع نسبة الرطوبة ،ارتفاع درجة الحرارة البيئية وعدم كفاءة التهوية داخل صوامع تخزين هذه المحاصيل.

4- سموم الأوكرا :

تنتج هذه المركبات السامة من قبل العفن *Aspergillus ochraceous* والعفن *Penicillium viridicatum* في الحبوب المحفوظة تحت ظروف خزن رديئة ، وتنشط الأعفان آنفة الذكر في إنتاج هذا المركب السام إذا ما زادت نسبة الرطوبة في الحبوب أثناء فترة تخزينها عن (40%) .

5- الأرجوت :

فضلا عما سبق ذكره عن السموم الفطرية ، فهناك نوع آخر من التسمم يعرف بالتسمم الأرجوتي (Ergotism) وهو ناجم عن الأجسام الحجرية السوداء للعفن *Claviceps purpurea*الذي ينمو على النجيليات(القمح ، الشعير ، الذرة البيضاء ، الشيلم) في الحقول وبذلك تختلط هذه الأجسام الحجرية السامة مع الحبوب أثناء الحصاد ، وتحتوي هذه الأجسام الحجرية على مركبات شديدة السمية وقد تسببت في هلاك آلاف من البشر خلال القرون الوسطى في أوربا نتيجة استهلاك الخبز المصنوع من الشيلم الملوث بهذه الأجسام الحجرية . وقد ساعد تطور علوم الكيمياء الحديثة على عزل وتشخيص زهاء أربع وعشرون نوعا حتى الآن من القلويات الموجودة في الأجسام الحجرية التي ينتجها العفن آنف الذكر . وسوف نتطرق بالتفصيل إلى صفات مختلف السموم آنفة الذكر ، وتراكيبها وتأثيرها في الفعاليات الحيوية للكائنات الحية في الفصول اللاحقة .

الفصل الثاني
الأعفان المنتجة للسموم الفطرية

المقدمة:

من بين الأنواع الهائلة من الأعفان التي تتكون منها مملكة الفطريات ، هناك مجموعة منها ، مجموعة الأعفان الطحلبية المائية ، التي تعيش بدرجة أساسية في الأوساط المائية أو الترب الغدقة ، وللعديد منها دورة حياة تتضمن في بعض مراحلها تكوين كميات سابحة في الماء ، إن هذه المجموعة من الأعفان المائية غير معروفة بإنتاجها للسموم الفطرية ، عليه فإن اهتمامنا في هذا الكتاب سوف ينصب على الأعفان التي تعيش على اليابسة . ومن هذه ، الأعفان الخيطية الدقيقة التي يطلق عليها اسم الأعفان التي تنتج السموم الفطرية . وقد توصل الباحثون إلى إمكانية عزل مثل هذه الأعفان من مختلف الأوساط مثل التربة ، المنتجات النباتية ، الافرازات الحيوانية.

إن الميسيليوم في الأعفان الخيطية متكيف بشكل جيد للنمو فوق سطح التربة وفي طبقات التربة السفلية أيضا ، وبمقدور هذا الميسيليوم إفراز الأنزيمات لغرض تكسير وامتصاص العناصر الغذائية المتوفرة في البيئة المحيطة به ، وبذلك تصبح الطاقة ، محتويات سايتوبلازم الخلية الحي والعناصر الأخرى ، قابلة للنقل الفعال إلى نهاية الهايفات النامية . إن هذه التراكيب الأنبوبية الطويلة ذات الجدران الرقيقة والكثيرة التفرعات تؤمن مساحة سطحية واسعة نسبة إلى الكتلة الحيوية التي تعمل على إسنادها ، وخلال جدران هذه الخلايا يتم إفراز المركبات الأيضية الثانوية (السموم الفطرية) التي ينتجها العفن في الوسط الذي ينمو فيه.

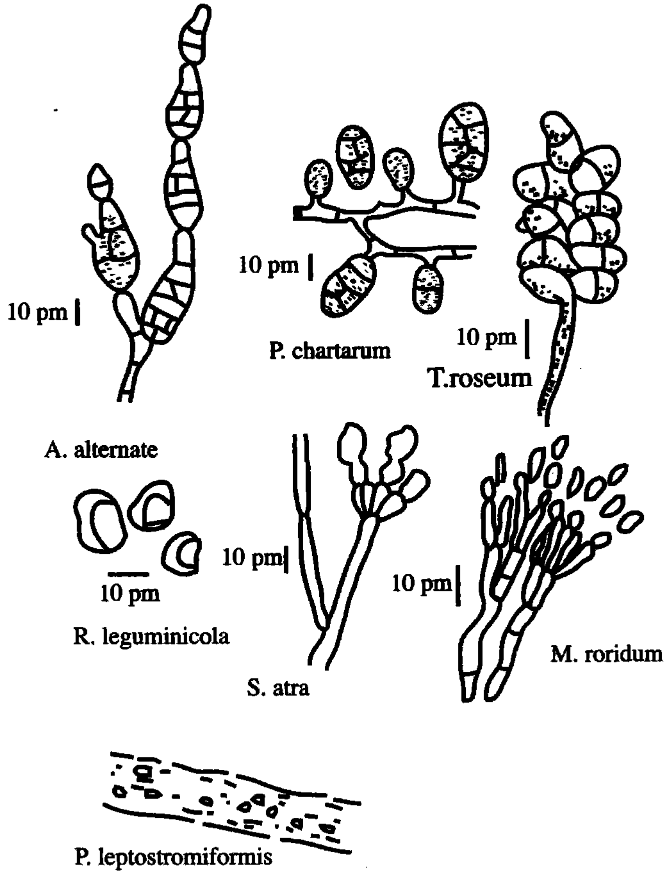
إن إنتاج السموم الفطرية ليس مقصوراً على مجموعة واحدة من الأعفان ، بغض النظر عن التصنيف التركيبي أو التوزيع البيئي أو الجنس ، حيث تنتج هذه المركبات من مجموعة متباينة من الأجناس وتحت ظروف مناسبة من الحرارة والرطوبة النسبية وفي مختلف الأوساط الغذائية.

إن الأعفان من أجناس كل من : الأسبرجلس ، البنيسيليوم والفيوزاريوم تعد من أكثر الأعفان أهمية في مجال إنتاج السموم الفطرية في الوقت الحاضر ، ولكن

هناك عدداً آخر من الأعفان من أجناس أخرى التي لها القابلية على إنتاج السموم الفطرية (الجدول2-1)، والشكل (2-1) يوضح أشكال هذه الفطريات والشكل (2- 1) يوضح تراكيب أنواع السموم التي تنتجها.

الجدول (2-1) : بعض أنواع الأعفان المنتجة للسموم الفطرية من غير أجناس البنيسيليوم ، الفيوزاريوم والأسبرجلس .

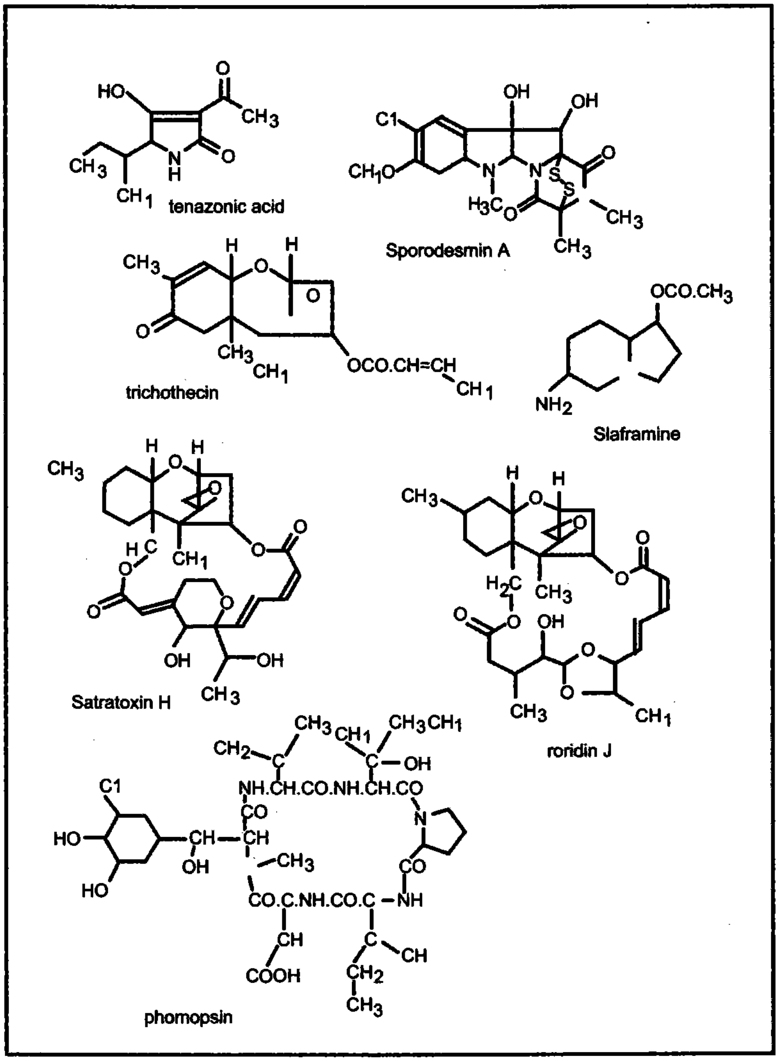
الجنس	نوع السم الفطري المنتج
Alternaria alternata	Tenuazonic acid
Pithomyces chartarum	Sporidesmins
Trichothecium roseum	Trichothecin
Rhizoctonia leguminicola	Slaframine
Stachybotrys atra	Satratoxins
Myrothecium roridum	Roridins
Phomopsis leptostromiformis	Phomopsin



الشكل (1 - 2): أشكال بعض أنواع الفطريات للسموم الفطرية من غير أجناس الأسبرجلس، البنيسيليوم، والفيوزاريوم.

إن العفن *A. alternata* من الأعفان الرمية وبالأخص على مواد البناء الخشبية القديمة والهرمة ، والمواد الغذائية والمنسوجات ، وهو واسع الانتشار في كافة أرجاء العالم وغالباً ما يمكن عزله من التربة . أما العفن *P.chartarum* فهو من الأعفان الرمية التي تعيش على أوراق النباتات العشبية الميتة ، وبالرغم من أن هذا العفن منتشر في معظم بقاع الأرض ، ولكن فقط في نيوزيلندا وأحيانا في كل من استراليا وجنوب أفريقيا يسود نموه على الأعشاب الميتة ويطلق سبوراته التي تؤدي عند استهلاكها إلى إصابة الأغنام بأكزيما الوجه ، ويمكن أن يسبب خسائر كبيرة

لمربي الأغنام في المناطق المذكورة آنفا .

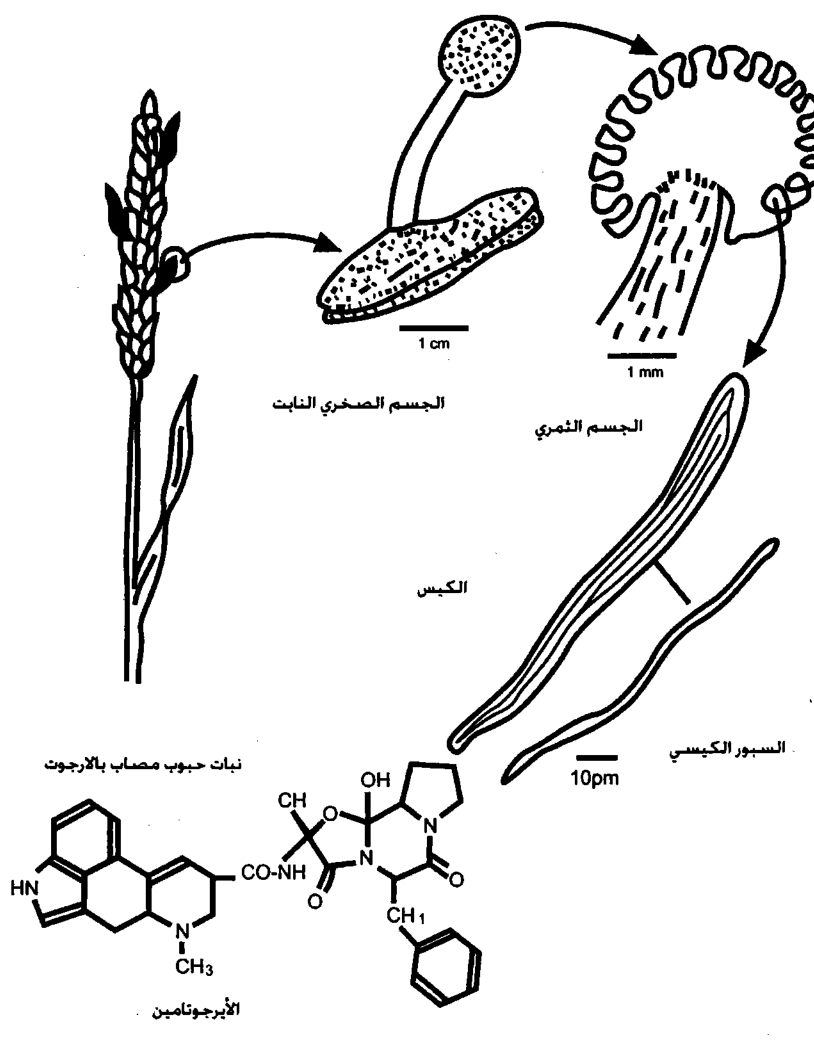


الشكل (2 -1) : تراكيب السموم الفطرية الناتجة من بعض أنواع الأعفان المذكورة في الجدول 2-1.

وينمو العفن *R.leguminicola* على البرسيم الأحمر وهو لا ينتج السبورات الكونيدية ، وينتج هذا العفن مركب قلويدي بسيط التركيب يتسبب استهلاكه بإصابة الماشية بما يسمى بمرض البرسيم الحمر . أمـا الأعفان من الأنواع

S. atra ، *T. roseum* ، *M. roridum* فهي رمية المعيشة على المواد النباتية التالفة أو الميتة وتنتج جميعها مركبات سمية تعود إلى مجموعة الترايكوثسينات. أما العفن *P. leptostromiformis* فيعيش على بعض أنواع البقوليات بشكل طفيلي أو رمي وينتج سمومه فيها ، وبالرغم من معرفة التراكيب الكيمياويه للسموم الفطرية الناتجة من الأعفان آنفة الذكر ، غير أنه لا تتوفر عنها في الوقت الحاضر أية معلومات مفصلة في الدراسات المنشورة حول تأثيرها في مختلف الفعاليات الحيوية للكائنات الحية من الإنسان أو الحيوانات الزراعية سواءً على النطاق المختبري أو في الواقع الميداني.

خلال العقود الثلاث الأخيرة من القرن العشرين ، حضت الأعفان بالكثير من الاهتمام وذلك في ضوء قدرتها على إنتاج مركبات أيضية سامة . وبالرغم من أن بعض الأعفان ، مثل العفن *Claviceps purpurea* المنتج للأرجوت (Ergot) ، كان معروفاً منذ قرون عدة بسبب سميته العالية والحادة الشكل (2- 3)، غير أنه بعد اكتشاف سم الأفلا (Aflatoxin) في عام 1961 ، وهو مركب أيضي مسرطن ينتجه العفن من سلالة *Aspergillus flavus* ، تبين من خلال الدراسات والبحوث المستفيضة التي تلت هذا الاكتشاف أن هناك عدداً كبيراً من الأعفان من مختلف الأجناس لها القدرة على إنتاج السموم الفطرية كما سبق وإن أشرنا إليه آنفا . إن وجود الأعفان التي لها القدرة على إنتاج المركبات السمية على المواد الغذائية والمواد العلفية الأولية لا يعني بالضرورة أن مثل هذه المواد تكون دائماً ملوثة بالسموم الفطرية ، إذ أن هناك العديد من العوامل البيئية التي تتحكم في قدرة العفن على إنتاج السموم الفطرية . فضلاً عن ذلك ، فإن مدى سمية العديد من المركبات الأيضية الثانوية التي تنتج من قبل مجموعة واسعة من أجناس مختلفة الأعفان التي يمكن أن تحدث في شتى أنواع الغذاء البشري والمواد العلفية الأولية لم يتم تحديدها بعد ، إذ أنه لا تتوفر إلى يومنا هذا الطرق الكيماوية المناسبة لتشخيص نوع السم الفطري الذي تنتجه هذه الأعفان وبالتالي التعرف على تركيبه الكيماوي وخواصه الفيزياوية الأخرى مما يساعد في دراسته وتحديد مدى سميته لمختلف أنواع الكائنات الحية.



الشكل (2-3): العفن المنتج لسموم الأرجوت .

أهم أجناس الأعفان المنتجة للسموم الفطرية:

سبق وأن أشرنا إلى توصل الباحثين إلى تشخيص أعداد كبيرة من الأعفان المنتجة للسموم الفطرية ولكن أكثرها أهمية هي مجموعة من الأعفان تعود إلى ثلاثة أجناس ، حيث حظيت السموم المنتجة منها بالكثير من الدراسات والبحوث بالنسبة لتأثيراتها السلبية في مختلف الفعاليات الحيوية للكائنات الحية بشكل خاص وهي ما يلي:

1 - الأعفان من جنس البنيسيليوم :

يتميز هذا الجنس ، الذي يشمل الغالبية العظمى من أنواع الأعفان التي يصادف وجودها في مختلف البيئات ، بقدرته على إنتاج سبورات كونيدية صغيرة، جافة ، وحيدة الخلية ولها القابلية على التطاير في الهواء . وفي المناطق المعتدلة تعد الأعفان الزرقاء والخضراء من أكثر أعفان هذا الجنس انتشاراً والتي تسبب التلف الغذائي . وعلى الرغم من أن أعفان هذا الجنس تعد رمية المعيشة أساسا ، غير أن بعضاً منها قد تكيفت لإحداث الإصابات الطفيلية لبعض أنواع الفواكه والخضر فالعفن الأخضر *P. digitatum* والعفن الأزرق *P. italicum* يصيبان الفاكهة الحمضية بينما يهاجم العفن *P. expansum* ثمار التفاح ، والعفن *P. gladioli* يتطفل على الكورمات والأبصال ومنها البصل الاعتيادي. إلى جانب الآثار الضارة لأعفان هذا الجنس ، هناك بعض الأنواع منها تعد ذات فائدة للإنسان سواء في الصناعات الغذائية أو في مجال إنتاج المضادات الحيوية ، فالنوعين:

P. roquefortii و *P. camembertii* يستخدمان في صناعة الجبن لإعطائه نكهة خاصة عن طريق استخدام هذه الأعفان ، بينما يستخدم النوع *P. chrysogenum* في إنتاج معظم المواد الأوليه المستخدمه في تحضير مركب البنسلين الذي يعد من أول المضادات الحيوية التي تم اكتشافها لمعالجة الالتهابات الناجمة عن الإصابات البكتيرية.

يتطلب تشخيص أنواع أعفان البنيسيليوم عن بعضها البعض الآخر فحصاً دقيقاً للون، قوام وحجم المستعمرات النامية على الأوساط الغذائية والظروف المطلوب تأمينها لنمو كل نوع ، فضلاً عن أهمية الفحص المجهري التفصيلي للتراكيب المنتجة للسبورات .

تجدر الإشارة هنا إلى أن هناك تبايناً ملحوظاً بين أنواع أعفان البنيسيليوم في طبيعة المركبات السمية التي تنتجها وكذلك نوعية الأوساط المفضلة لنموها ، الجدول (2 ـ 2) .

الجدول (2-2) : أهم أنواع عفن البنيسيليوم المنتجة للسموم الفطرية على الحبوب والمواد الغذائية الأخرى .

نوع العفن	اسم السم الفطري	وسط نمو العفن وانتشاره
P.citrinum	Citrinin	ينتشر في أرجاء العالم على مختلف الأغذيه، المواد النباتيه المتحللة، الأنسجه.
P. cyclopium	Penitrem A Cyclopiazonic acid Penecillic acid Ochratoxin A	شائع الوجود في الحبوب وأنواع أخرى من الأغذية.
P. expansum	Patulin Citrinin	ينتج بدرجة أساسيه في التفاح والكمثرى المتعفنة ويمكن أن يوجد في ثمار أخرى.
P. islandicum	Luteoskyrin Islanditoxin Cyclochlorotine	يتواجد في الحبوب وبشكل خاص في المناطق الاستوائية .
P. rubrum	Rubratoxins	أساسا يعد من أعفان التربة المصاحبة للمواد المتحللة.
P. roquefortii	P.R. toxin Roquefortin	في الجبن الأزرق ، الأغذية المحفوظة تحت التبريد
P. viridicatum	Ochratoxins Citrinin Viridicatin Xanthomegnin Viomellein	واسع الانتشار في مختلف أرجاء العالم في الحبوب ومنتجاتها

2 - الأعفان من جنس الأسبرجلس :

وهو مشابه للجنس بنسيليوم من حيث إنتاجه لأعداد كبيرة من السبورات الكونيدية التي تتميز بكونها وحيدة الخلية جافة وصغيرة الحجم ، ويتم إنتاجها من جسم منتفخ يوجد في نهاية الحامل الكونيدي ، وعلى عكس الأعفان من جنس البنسيليوم التي يكثر انتشارها في المناطق المعتدلة من العالم ، فإن الأعفان من جنس الأسبرجلس تفضل البيئة الأكثر دفئاً من العالم حيث تكون في الغالب مصاحبة للتلف الغذائي الذي يحصل في المناطق الحارة وشبه الحارة . ولهذا الجنس أهمية خاصة تعود إلى احتوائه على عدة أنواع لها القدرة على المعيشة في درجات واطئة من الفعالية المائية (الجدول3) وعليه فإن وجود هذه الأعفان يكون مصاحباً للتلف الغذائي الذي يحدث في المواد الغذائية الجافة التي لا تستطيع أنواع أخرى من الأعفان مهاجمتها بسبب عدم ملائمة محتواها الرطوبي لنمو هذه الأنواع من الكائنات الدقيقة.

إن بعض أنواع جنس الأسبرجلس تستخدم لأغراض الصناعات الغذائية أو لإنتاج مواد أولية تستخدم في تصنيع الأغذية مثل حامض الستريك وغيرها ، ولكن هناك البعض منها يسبب إصابات مرضية للدواجن عند دخوله إلى الجسم ، ولكن الغالبية من أنواع هذا الجنس هي من الأعفان الرمية ، وهناك العديد منها لها القدرة على إنتاج المركبات السمية (الجدول2. 4.)

إن المركبات الأيضية الثانوية التي تنتجها بعض أنواع جنس الأسبرجلس عرفت باسم سموم الأفلا ، وتعد من المركبات الشديدة الخطورة بالنسبة لصحة الإنسان والحيوانات الزراعية ، ولقد حضت بالكثير من اهتمام الباحثين منذ اكتشافها في أوائل عقد الستينيات من القرن العشرين المنصرم إلى يومنا هذا مقارنة بالسموم الفطرية الأخرى. ونظراً لخطورة هذه المركبات فقد تم تعديل العديد من قوانين الفحص النوعي وتلك الخاصة بتداول الحبوب والمنتجات التي يحتمل أن يتم تلوثها بهذه المركبات في الكثير من بلدان العالم بهدف حماية الإنسان والحيوانات الزراعية من مخاطر التعرض لهذه السموم الخطيرة . وإلى جانب ذلك فقد عملت هذه السموم على تقديم أداة فعالة بيد الباحثين لغرض دراسة الأمراض السرطانية نظراً لقدرتها على إحداث الأورام السرطانية عند دخولها إلى الجسم الحي .

جدول (2 . 3) : الحد الأدنى من درجة الفعالية المائية (aw) اللازمة لنمو الأعفان من نوع الأسبرجلس .

النوع	الحد الأدنى من درجة الفعالية المائية
A. chevalieri	0، 65
A.candidus	0، 72
A.versicolor	0، 75
A.flavus	0، 80
A.fumigatus	0، 82
A.niger	0، 85

الجدول (2 . 4) : أهم أنواع الأعفان المنتجة للسموم من جنس الأسبرجلس.

النوع	أسم المركب السام	الملاحظات
A.chevalieri	Xanthocillin	يحدث في الحبوب ومنتجاتها أثناء الخزن.
A.clavatus	Patulin Cytochalasin E Tryptoquivaline	الفطر مقاوم للمحاليل القلوية، يحدث في فضلات الحيوانات،التربة وبقايا النباتات المتحللة.
A.flavus	Aflatoxin Aflatrem	يحدث في ترب المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية،المحاصيل الزراعية مثل الذرة الصفراء.
A.fumigatus	Viriditoxin Gliotoxin Fumagillin Verruculogen	يحدث في المواد العضوية المتحللة ويعتبر عاملاً مرضياً بالنسبة للطيور والثدييات.
A.niger	Malformins Oxalicacid	واسع الانتشار خصوصاً في المناطق الاستوائية.
A.ochraceus	Ochratoxins Penicillic acid	يحدث في الترب، المواد النباتية

	Destruxin B	المتحللة، الحبوب، يكون عاملاً مرضياً بشكل عرضي.
A.parasiticus	Aflatoxins	عامل مرضي للحشرات، يعيش رمياً على المنتجات النباتية.
A.ustus	Austocystins Austamide Austdiol Brevianamide	واسع الانتشار في التربة.
A.versicolor	Sterigmatocystin Cyclopiazonic acid	يحدث في الترب، الأجبان الناضجة، اللحوم المدخنة، النباتات المتحللة .

مبدئياً كانت الأعفان من النوع *A.flavus* والنوع *A.parasiticus* تعد جزءاً من مجموعة الأحياء الدقيقة التي تسبب تلف المحاصيل الزراعية أثناء الخزن ، وأن مسألة التلوث بسموم الأفلا المنتجة من النوعين آنفي الذكر تعد مسألة بسيطة ناجمة عن سوء العناية بالتخزين بعد الحصاد . فإذا كانت الحالة كذلك ، فإن هذا يعني أنه من الممكن السيطرة على مشكلة حدوث سموم الأفلا في كل من الأغذية البشرية والمواد العلفية الأولية من خلال تأمين الظروف المناسبة من درجات الحرارة والمستوى الرطوبي للمواد أثناء خزنها أو خلال تداولها . ولكن لسوء الطالع ، فإن تلوث بعض السلع الزراعية مثل الذرة الصفراء وفستق الحقل بسموم الأفلا مسألة أكثر تعقيداً ، وربما تبدأ من تعرض المحصول للإصابة بالعفن المنتج للمركبات السمية آنفة الذكر في الحقل قبل حصاده وتجفيفه . إن الإصابة بالأعفان من النوعين المشار إليهما سالفاً في الحقول تكون مصاحبة لظروف الجفاف والإصابات الحشرية بشكل خاص ، ومع ذلك يمكن أن تصاب الأنسجة النباتية السليمة إذا ما سقطت سبورات العفن على الأجهزة التناسلية (المتوك) للنبات أثناء عملية تطور الزهرة ، وبعد الإصابة تبدأ السبورات بالإنبات وتبدأ خيوط العفن (الهايفات) بالتغلغل داخل أنسجة البذرة أثناء مراحل تكوينها بدون إحداث أي أضرار مرئية فيها . إن بذور فستق الحقل أو الذرة الصفراء في مثل هذه الحالات تكون حاوية على السموم الفطرية بالرغم من إنها تبدو ظاهرياً سليمة وصحية ، لكن مع ذلك فإن المستويات العالية من سموم الأفلا يتم تكوينها في المنتجات التي تبدو للعيان مصابة بالأعفان المنتجة لهذه السموم التي يبدو عليها التلف ظاهرا

للعيان ، وإن المواد المحصودة والمخزونة بشكل سيء تبقى أكثر عرضه للتلوث بمستويات شديدة الخطورة من هذه المركبات السامة.

3 - الأعفان من جنس الفيوزاريوم :

تغطي هذه المجموعة من الأعفان عدداً كبيراً من الأنواع التي بعضاً منها يعد من الأعفان الطفيلية المتخصصة في إحداث العديد من الأمراض النباتية ، بينما البعض الآخر يكون مجرد أعفان رمية تعيش على بقايا النباتات الهرمة أو تسبب تلفاً في العديد من المنتجات الصناعية من خلال العمل على تحللها عضوياً .

ونظراً لصلة هذه المجموعة من الأعفان القريبة من النباتات ، واحتياجاتها لدرجة عالية من الفعالية المائية نسبياً ، عليه فإن مجموعة الفيوزاريوم تبدأ نموها عادة على المحاصيل الزراعية قبل الحصاد ويتعاظم ذلك في حالة سقوط كميات كبيرة من الأمطار قبل ذلك ، وبالرغم من أن بعض الأنواع مثل *F.moniliforme* يكون مصاحباً للأجواء الحارة وشبه الحارة بشكل خاص ، وإن البعض الآخر ينتشر في الأجواء الباردة مثل، *F.sporotrichioides* إلا أنه هناك العديد من الأنواع تحدث في المناطق المعتدلة من العالم.

تنتج مجموعة أعفان الفيوزاريوم عدد من المركبات السمية تدعى بالترايكوثيسينات والزيرالينون والفيوزارين وغيرها من المركبات الأيضية السامة (الجدول 2-5) ، ويلاحظ من الجدول المذكور أن هناك أجناسا أخرى من الأعفان التي تقوم بإنتاج مركبات سمية مشابهة لتلك التي تنتجها أجناس الفيوزاريوم ، فضلاً عن ذلك تقوم أعفان أخرى من غير جنس الفيوزاريوم بإنتاج السموم الفطرية من مجموعة الترايكوثيسينات (الجدول2-6).

الجدول (2-5) : أنواع السموم الفطرية التي تنتجها أجناس الفيوزاريوم وأجناس أخرى من الأعفان .

النوع	أنواع السموم **B* F M Z T**	اسم النوع في الطور الكامل
F.moniliforme	− + + + −	*Gibberella fujikuroi*
F.oxysporum	− − + + +	-
F.culmorum	− − − + +	-
F.avenaceum	− − − + +	*Gibberella avenacea*

Gibberella intricans	− − + + +	*F.equiseti*
Gibberella zeae	− − − + +	*F.graminearum*
Gibberella baccata	− − − + +	*F.lateritium*
Nectria haematococca	− − − − +	*F.solani*
Monographella nivalis	+ − − − +	*F.nivale*

= Moniliiformin ، Z = Fusarin ، M = Butenolide ، F =B *

. Trichothecenes =Zearalenone ، T

الجدول (2-6) : أجناس الأعفان من غير الفيوزاريوم التي تنتج مجموعة سموم الترايكوثيسينات

أنواع أخرى منتجة	أنواع السموم	الجنس
Nectria	Verrucarins , Roridin	*Myrothecium*
Nectria	Verrucarins , Roridin	*Dendrodochium*
Nectria	Roridins	*Cylindrocarpon*
-	Satratoxin , Roridin	*Stachybotrys*
Hypocrea	Trichodermin	*Trichoderma*
Hypomyces	Trichothecin	*Trichothecium*
-	Crotocin	*Cephalosporium*
-	Vertisporin	*Verticimonosporium*

حدوث الإصابات بالأعفان :

إن المواد الغذائية الأولية الخام ، سواء تلك المستخدمة لغذاء الإنسان أو تلك المستخدمة لصناعة الأعلاف الحيوانية أو المنتجات الثانوية لمختلف هذه المواد الغذائية ،يمكن أن تتعرض للتلوث بالسبورات ،الكونيديات ، أو كسرات الميسيليوم من البيئة المحيطة بها ، ويمكن للتلوث أن يحدث خلال مختلف مراحل إنتاج مثل هذه المواد وكما يلي:

1- خلال مراحل نمو ونضج المحصول في الحقل.

2- خلال عمليات الحصاد والنقل والخزن.

3- خلال عمليات التصنيع الأولي أو النهائي للمنتجات الغذائية.

إن وجود أعداد كبيرة من السبورات أو الكونيديات أو كسرات الميسيليوم في

المنتجات التي لا يبدو عليها أي نموات ظاهرة للعيان من الأعفان يمكن أن يدل على أمرين مهمين هما:

1- تلوث البيئة المحيطة بهذه المواد الغذائية بالأعفان بشكل واسع.

2- استخدام مواد أولية ملوثة أساسا قبل تصنيعها.

وبصورة عامة يمكن القول بأن عمليات التصنيع ، وخاصة المعاملات الحرارية، تعمل على إيقاف نمو الأعفان وتسبب فقدانها لحيويتها والقضاء عليها ، ولكن لا تؤثر في السموم الفطرية التي سبق إنتاجها قبل تعرض العفن لأي نوع من المعاملات التي تقضي عليه.

إن نمو الأعفان لا يحدث ما لم تكن الظروف البيئية المحيطة بالعفن مواتية لذلك ، وتتباين طبيعة الظروف الملائمة من نوع لآخر ، كذلك فإن التكيف يحدد أي الأنواع من الأعفان تكون أكثر سيادة من الأخرى ، وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن مختلف المواد الغذائية الأولية أو المصنعة معرضة للتلوث بشتى أنواع الأعفان (الجدول2-7) ، يلاحظ من الجدول المذكور أن بعض سلالات النوع الواحد من الأعفان تكون سائدة أكثر من سلالات الأنواع الأخرى ولكن لم يعرف السبب في ذلك إلى يومنا هذا ، ولكن يبدو أن هنالك علاقة وثيقة ما بين سيادة نوع من الأعفان على نوع آخر وصفات ذلك العفن وخواص الوسط الغذائي الذي ينمو فيه ، كذلك فإن سيادة نوع معين دون آخر يمكن أن يعزى إلى التلوث الشديد الذي يمكن أن يحدث من البيئة التي تم إنتاج المحصول الزراعي فيها والتي تتوفر فيها أساسا الظروف الملائمة لنمو ذلك النوع من الأعفان الذي يسود الوسط الغذائي المعني . فعلى سبيل المثال لا الحصر ، يلاحظ أن التفاح غالباً ما يصاب بالعفن *Penicillium expansum* ، وربما يعزى سبب سيادة هذا النوع من الأعفان المنتجة للسموم هو نموها أصلا على المادة العضوية المتحللة التي يكثر وجودها في بساتين التفاح مما يساعد على نقل الإصابة إلى الثمار أثناء جنيها خاصة عند تساقطها على الأرض أثناء هذه العملية . من المعروف أن الخضراوات تحفظ عادة تحت التبريد لفترات طويلة نسبياً ، وهذا يساعد في سيادة الأعفان من نوع *Cladsporium herbarum* و *Penicillium verrucosum var.cyclopium* المحبة للبرودة . من جهة أخرى فإن إضافة بعض المركبات الكيماوية الحافظة مثل البروبيونات والسوربيتات إلى خبز الشيلم يؤدي إلى سيادة العفن من نوع *Penicillium roqueforti* الذي يعد مقاوم لمفعول السوربيتات على الرغم من

كونها مادة حافظة تستخدم في الأغذية المعلبة.

كذلك تلعب نسبة الرطوبة والفعالية المائية (Water activity) دوراً مهماً في نوع الأعفان السائدة في الأجبان الجافة خلال فترة إنضاجها في المخازن المعدة لهذا الغرض ، إذ أن تغير الفعالية المائية ونسبة الرطوبة في الجبن الجاف مع تقدم عمر الإنضاج يساعدان في سيادة نوع من الأعفان دون الآخر . ومن الملاحظ أن الأعفان من الأنواع *Penicillium verrucosum var. verrucosum* وكذلك *P.brevicompaetum* يحل محلها النوع *Aspergillus versicolor* والعفن من نوع *A.repens* الذي ينمو في أوساط تميل إلى الجفاف ، وذلك مع تقدم عمر النضج في الجبن بينما يبقى العفن من نوع *P.verrucosum var. cyclopium* متواجداً في كافة مراحل النضج بغض النظر عن نسبة الرطوبة في الجبن .

وبصورة عامة تشير نتائج الدراسات إلى أن مصادر التلوث يمكن أن تكون من البيئة التي ينمو فيها المحصول ، خلال عمليات تداول وإعداد المحصول الأولية ، خلال التصنيع للمنتجات النهائية أو خلال استخدامها من قبل المستهلك نفسه.

الجدول (2-7) : أنواع الأعفان المعزولة من مختلف المواد الغذائية الملوثة وغير الملوثة بالأعفان المنتجة للسموم.

نوع الفطر	الفواكه والخضراوات	البهارات	الحبوب	خبز القمح	الجبن الناضج	اللحوم ومنتجاتها
Alternaria alternata	+*	+	+	+	–	–
Aspergillus amstelodami	_**	+	+	–	+	+
Aspergillus candidus	–	–	+	–	+	+
Aspergillus chevalieri	–	-	+	–	+	+
Aspergillus flavus	+	+	+	+	–	+
Aspergillus versicolor	–	+	+	–	+	+
Cladosporium herbarum	+	+	+	+	–	+
Penicillium brevico - mpactam	+	+	+	+	+	+
Penicillium expansum	+	+	–	–	+	+
Penicillium roqueforti	+	+	+	+	+	+
Penicillium spinulosum	–	+	–	+	–	+

Penicillium verrucosum var. cyclopium	+	+	+	+	+	+
Penicillium verrucosum var. verrucosum	−	−	+	−	−	+
Penicillium frequentans	−	−	−	−	−	+

* يوجد نمو فطري في الوسط الغذائي المعني.

❖* لم يحدث نمو فطري في الوسط الغذائي المعني

إن عدد الأنواع المعروفة بإنتاجها للسموم الفطرية إلى يومنا هذا تبلغ زهاء (150) نوعاً مختلفاً من الأعفان ، ولكن تجدر الإشارة هنا إلى انه ليس جميع سلالات الأنواع السامة من الأعفان يجب أن تكون منتجة للسموم الفطرية . فمن نتائج الدراسات المعمقة في هذا المجال والتي تم فيها عزل عدد هائل من السلالات للعفن *Aspergillus flavus* من مختلف المصادر الغذائية التي شملت فستق الحقل ، بذور القطن ، الرز ، الذرة البيضاء وجد من جراء التحليل الدقيق لهذه السلالات أن النسبة المئوية للسلالات المعزولة من المحاصيل المذكورة أعلاه والتي لوحظ أنها قادرة على إنتاج السموم الفطرية ، سموم الأفلا ، كانت (24،20،81،98%) على التوالي من مجموع السلالات الكلي التي لوحظ وجودها على المحاصيل آنفة الذكر ، والجدول (2-8) يوضح أنواع الأعفان المنتجة للمركبات السامة وأنواع المحاصيل التي تنمو عليها ، وكان المركب السام السائد هو سموم الأفلا المنتجة من قبل العفن *A.flavus* الذي ينمو على نباتات الذرة الصفراء والقطن الحية كما ينمو بشكل رمي على فستق الحقل ، الجوز واللوز والفستق وأنواع البهارات وغير ذلك من المحاصيل الزراعية الأخرى ، وتعد سموم الأفلا مركبات شديدة السمية لكل من الإنسان والحيوانات الزراعية عند تناولها بجرعات عالية ، كذلك تعد عاملاً مسرطناً شديد القوة ، وتشير الدراسات في هذا المجال إلى حدوث سرطانات الكبد بنسب عالية بين السكان المستهلكين للأغذية الملوثة بسموم الأفلا ، وإلى جانب تلوث الغذاء بسموم الأفلا نتيجة لنمو الأعفان المنتجة لهذا المركب السام عليها ، فإن الأعلاف الحيوانية الملوثة به يمكن أن تتسبب في نقل هذا المركب السام إلى منتجاتها ، فمثلاً في أبقار الحليب عند

تغذيتها على أعلاف ملوثة بسموم الأفلا ، يلاحظ وجود سم الأفلا من النوع Mفي حليبها . كذلك لوحظ وجود المركب السام (Sterigmatocystine) في الأجبان الجافة التي سبق إصابتها بالعفن *A.versicolor* والذي يعد أيضا من المركبات المسببة لسرطانات الكبد. أما قلويات الأرجوت التي ينتجها العفن *Claviceps purpurea* فهي مركبات شديدة السمية للإنسان عند تناوله الخبز الملوث بها وسبق أن تسببت في هلاك الآلاف من البشر في القرون الوسطى ولا يزال يلاحظ وجودها على الحبوب في شتى أنحاء العالم ، أما سم الأوكرا من النوع -، A الذي تنتجه عدة سلالات ولعل أهمها العفن *P.verrucosum var. verrucosum* (= *P.viridicatum*) ، يعد من السموم المؤثرة في الجهاز العصبي ، وقد وجد نتيجة التحاليل المختبرية وجود هذا السم في الكثير من المواد العلفية والغذائية كما وجد في لحوم الدواجن المذبوحة . وهناك بعض السموم الفطرية التي تهاجم أجهزة الجسم الأخرى مسببة مختلف المشاكل الحيوية التي سنتناولها بالتفصيل في فصول لاحقة.

الجدول (2-8) : بعض أنواع الأعفان المنتجة للمركبات السامة والأوساط الطبيعية التي تحدث فيها.

نوع العفن	نوع السموم المنتجة	الأوساط الطبيعية التي تحدث فيها
Aspergillus amstelodami	Sterigmatocystin	غير معروفة
Aspergillus candidus	Kojic acid	غير معروفة
Aspergillus nidulans	Kojic acid, Sterigmatocystin	غير معروفة
Aspergillus oryzae	Kojic acid,Oryzaecidin	غير معروفة
Byssochlamys fulva	Byssochlamic acid, Patulin	غير معروفة
Cladosporium herbarum	Epicladosporic acid	غير معروفة
Claviceps purpurea	Ergot alkaloids	الحبوب
Fusarium roseum	Zearalenone	الحبوب
Fusarium tricinctum	Epoxytrichothecenes	الحبوب

Mucor spp	غير معروفة التركيب	غير معروفة
Penicillium brevicompactum	Mycophenolic acid	الجبن
Penicillium camemberti	Cyclopiazonic acid	الجبن الطري
Penicillium crustosum	Tremorgenic toxin	غير معروفة
Penicillium griseofulvum	Patulin	العلف الأخضر ، البقوليات ، الجبن الطري
Penicillium verrucosum	Ochratoxins, citrinin	الحبوب ، الجبن الطري
var. verrucosum		
Rhizopus spp.	غير معروفة التركيب	غير معروفة
Stachybotrys spp	Stachybotryotoxins	الأعلاف الخضراء

التمثيل الحيوي في الأعفان :

تحتاج الأعفان إلى مختلف العناصر الغذائية لتلبية احتياجاتها لمصادر الطاقة وكذلك لتكوين محتويات الخلية من البروتينات والحامض النووي، (DNA) ونظراً لعدم تمكن الأعفان من تخليق الكربوهيدرات التي تعد المصدر الأساسي للطاقة، عليه يجب توفرها في الوسط الغذائي الذي تتطفل عليه ، ولكن على أية حال ، تستطيع الأعفان النمو في وسط غذائي غني بالبروتين وخالي من الكربوهيدرات ، مثل الجبن ، وذلك من خلال استخدام الأحماض الأمينية كمصدر لعنصر الكربون ، وهنالك عنصر آخر مهم بالنسبة للأعفان وهو النتروجين ، حيث تستطيع جميع أنواع الأعفان تمثيل مركبات النتروجين العضوية ، بينما البعض منها يكون قادراً على تمثيل مركبات النتروجين غير العضوية . كذلك تعتمد الحاجة إلى الفيتامينات على نوع العفن ، إذ أن للبعض من أنواعها القدرة على إنتاج الفيتامينات ذاتياً . ومن المعروف أن جميع الأغذية البشرية والأعلاف الحيوانية تحتوي على العناصر الغذائية آنفة الذكر وبذلك تكون وسطاً ملائماً لنمو مختلف أنواع الأعفان

المنتجة للمركبات السمية .

تتكون العديد من المركبات الأيضية الثانوية خلال عملية تجزئة الكربوهيدرات من قبل الأعفان، والتي يمكن للبعض منها أن يتجمع تحت ظروف معينة ، ومن هذه المركبات المعروفة بشكل ثابت هي كحول الأيثانول وبعض الحوامض العضوية مثل حامض الستريك ، حامض الفيوماريك ، حامض الأوكساليك ، حامض الكلوكونيك وبعض المركبات المعقدة مثل المانيتول ، الأرابيتول ، وإلى جانب ذلك يتم تخليق العديد من المركبات خلال عمليات التمثيل الحيوية الأولية ، وهناك بعض النواتج الأيضية لهذه العمليات مثل الكلايكوجين والدهون تتجمع لتصل إلى تراكيز عالية ، وخلال مرحلة نمو العفن ، وعلى الأخص عند المراحل النهائية لهذه المرحلة ، يتم تخليق بعض المركبات الأيضية التي تعد ضرورية لنمو العفن أو تلبية حاجته لمصادر الطاقة ، ويكون البعض من هذه المركبات الأيضية ساماً للدواجن والثدييات وحتى الحشرات والأحياء المجهرية . ويصنف جزء كبير من هذه المركبات الأيضية الثانوية تحت باب الستيرودات ، الكاروتينودات ، القلويدات ، الببتيدات الحلقية والكومارينات . وتختلف هذه المركبات في تركيبها الكيماوي عن بعضها البعض بشكل كبير جداً . وتتكون المركبات آنفة الذكر خلال مختلف الفعاليات الحيوية للفطر ، ولكن مما يلفت النظر بأن تكوين المركبات الأيضية الثانوية يبدأ مع عملية تكثيف مجموعتي الأستيل والمالينول في مجموعة البولي كيتايد ، فالستيرودات وخاصة الأرجوستيرول ، يمكن أن يمثل زهاء (25%) من وزن خلية العفن . أما الكاروتينودات فيمكن مشاهدتها على شكل صبغات تلون معظم أنواع مستعمرات الأعفان. من جهة أخرى فإن مختلف القلويدات ، الببتيدات الحلقية والكومارينات تضم إلى مجموعة السموم الفطرية بسبب تأثيرها الضار بالنسبة لمختلف الكائنات الحية الراقية . ولقد تضاربت آراء الباحثين بالنسبة للوظائف المحتملة للمركبات الأيضية الثانوية ، فبعض النظريات تدعي بأن تكوين المركبات الأيضية الثانوية يساعد في الحفاظ على نشاط العفن عندما يتم استنفاذ العناصر الغذائية من الوسط الغذائي الذي ينمو فيه ، بينما تدعي نظرية أخرى بأن تكوين المركبات الأيضية الثانوية يمنع تجمع بعض المركبات غير الطبيعية ، وربما تكون ضارة للعفن ، مثل الخلات والمالونيت.

من جهة أخرى استطاع الباحثون من التوصل إلى اكتشاف طرق متطورة

للاستفادة من بعض الأعفان في إنتاج العديد من المركبات الصناعية وذلك من خلال الاستفادة من المركبات الأيضية الأولية والثانوية التي تنتجها هذه الأعفان وذلك بمساعدة وسائل التخمير الحديثة ، حيث يتم اختيار أكثر السلالات إنتاجا وتوفر لها الظروف المناسبة لهذا الغرض ، ومن الأمثلة العديدة على بعض المركبات الأيضية التي تنتجها الأعفان والتي تستخدم في شتى الأغراض الصناعية، سواء الدوائية أو الغذائية : المضاد الحيوي البنسلين من عفن *Penicillium chrysogenum* ، حامض الستريك من عفن *Aspergillus niger* ، حامض الفيوماريك من عفن *hizopus spp.* وحامض الماليك من عفن *Penicillium brevicompactum* فضلاً عن ذلك أصبح من الممكن إنتاج العديد من الأنزيمات ، الحوامض الأمينية ، الفيتامينات والمطيبات بمساعدة عمليات التخمر الفطري وذلك من خلال اختيار السلالات المناسبة لأي من الأغراض آنفة الذكر.

العوامل المؤثرة في نمو الأعفان وتكوين السموم الفطرية:

إلى جانب توفر العناصر الغذائية الضرورية ، فإن من أكثر العوامل أهمية لنمو الأعفان وتكوينها للسموم هي:

1 - درجة الحرارة البيئية.

2 - الفعالية المائية.

3 - الأوكسجين.

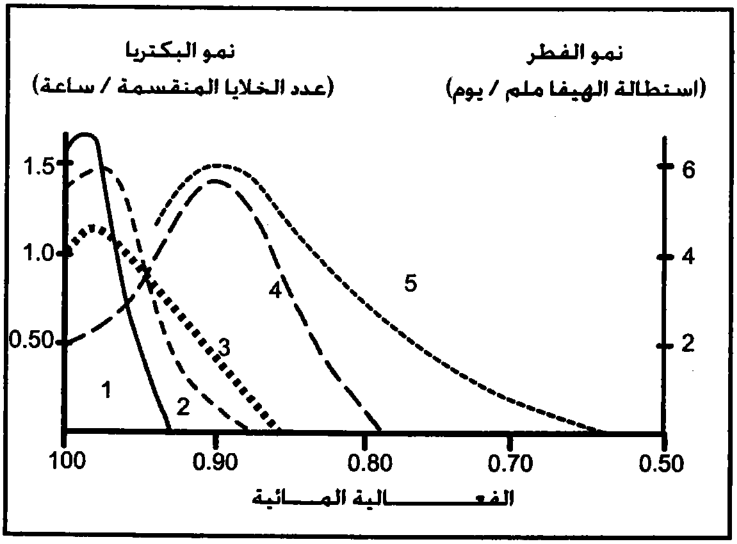
إن الحدود الدنيا لدرجات الحرارة المناسبة لنمو الأعفان تتوقف على نوع العفن (الجدول2-9) ، ويبدو من الجدول المذكور أن معظم سلالات النوع *Penicillium* تستطيع أن تنمو في مديات من درجات الحرارة أقل من ذلك الذي تحتاجه السلالات من نوع *Aspergillus* . إن درجة الحرارة المثلى تقع ما بين (25 - 30° م) لمعظم سلالات العفن Penicillium و (30 - 40° م) لغالبية سلالات العفن *Aspergillus* . بينما تقع الحدود القصوى لدرجات الحرارة المناسبة لنمو سلالات النوع الأول المذكور آنفا ما بين (28 - 35° م) وتقع ما بين (37 - 45°م) لمعظم سلالات النوع الثاني . أما غالبية أنواع العفن *Fusarium* فيمكن اعتبارها ضمن مجموعة الأعفان التي تميل إلى البرودة وذلك لكون درجة الحرارة المثلى لنموها تقع ما بين (8 - 15° م) ، أما بالنسبة لعامل النمو الآخر ، وهو الفعالية المائية (aw) الذي هو عبارة عن مقياس لكمية الماء غير المرتبط أو الحر في المواد

الغذائية والذي يكون متوفراً لنمو العفن ، ويعد هذا العامل أحد أهم العوامل المحددة لنمو الأعفان وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى في مختلف المواد الغذائية (الشكل 2-4) ، وتشير نتائج الدراسات المتوفرة أن الفعالية المائية التي تحتاجها الأعفان تكون أقل بكثير من تلك التي يجب توفرها للبكتريا ، وهذا ما يفسر عدم تلف الكثير من المواد الغذائية بواسطة البكتريا بينما في الوقت عينه يتسبب نمو الأعفان عليها في تلفها .

الجدول (2-9) : الحدود الدنيا لدرجات الحرارة والفعالية المائية لنمو مختلف أنواع الأعفان .

نوع العفن	درجة الحرارة م	الفعالية المائية a_w	نوع العفن	درجة الحرارة م	الفعالية المائية a_w
Alternaria tenuis	لم تحدد	0.94	*Cladosporium herbarum*	7-	0.88
Aspergillus ams- telodami	6	0.70	*Mucor racemosus*	لم تحدد	0.88
A.candidus	10	0.75	*P.brevicompactum*	2-	0.81
A.chevalieri	10	0.71	*P.chrysogenum*	4	0.84
A.clavatus	10	0.86	*P.citrinum*	12	0.80
A. flavus	10	0.81	*P.expansum*	صفر	0.85
A.fumigatus	12	0.82	*P.frequentans*	4	0.81
A. nidulans	12	0.85	*P.griseofulvum*	صفر	0.83
A.niger	12	0.77	*P.islandicum*	10	0.83
A.ochraceus	10	0.78	*P.spinulosum*	لم تحدد	0.80
A.oryzae	لم تحدد	0.86	*P.verrucosum*	صفر	0.84
A.repens	6	0.72	*var. cyclopium*		
A.ruber	10	0.70	*P.verrucosum*	صفر	0.83
A. versicolor	4	0.78	*var.verrucosum*		
Botrytis cinera	4-	0.94	*Rhizopus nigricans*	1	0.94
Byssochlamys fulva	5	لم تحدد	*Scopulariopsis brevicaulis*	لم تحدد	0.90
Stachybotrys atra	7	0.94			

وعلى هذا الأساس يمكن منع نمو الأعفان على المحاصيل الزراعية من خلال تجفيفها بعد الحصاد بحيث لا يزيد مقدار الفعالية المائية فيها عن (0.65) مع الحفاظ قدر الإمكان على هذا المستوى أو خفضه إلى أقل من ذلك ، ولكن على أية حال ، إذا كانت درجة الحرارة في أماكن خزن المحاصيل الزراعية أو المواد الغذائية المصنعة غير ثابتة فإن الفعالية المائية في المواد المخزونة يمكن أن ترتفع تدريجياً نتيجة ميل الرطوبة إلى الهجرة إلى البقع الباردة من زوايا المخزن مما ينجم عن ذلك تشجيع نمو الأعفان . إن الأعفان التي تستطيع النمو تحت درجة الفعالية المائية التي مقدارها أقل من (0.75) تدعى بأعفان المخازن ، وتشمل سلالات عفن الأسبرجلس التالية *A.glaucus, A.halophilicus, A.ristrictus, Wallemia.sebi* : و *Monascus (xeromyces) bisporus* ، ومن الأمثلة على المنتجات التي تكون الفعالية المائية فيها أقل من (0.75) : الفواكه المجففة ، مسحوق الحليب المجفف ، الحبوب على اختلاف أنواعها ومنتجات الأفران من الخبز وبعض أنواع المعجنات الجافة نسبيا.



الشكل (2-4) : تأثير درجة الفعالية المائية في نمو أنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة.

إن إنتاج سموم الأفلا يحصل في مديات متباينة من درجات الحرارة والفعالية المائية ، فسم الأفلا من النوع B1 يتكون في ظروف تكون فيها درجات الحرارة والفعالية المائية أقرب ما يكون إلى الحدود الدنيا التي تسمح بنمو العفن . أما سموم الباتولين، حامض البنسيليك ، سم الأوكرا من النوع - A فإنها تتكون في مديات من درجات الحرارة والفعالية المائية تعد أقل مما هو مناسب لنمو الأعفان المنتجة للسموم آنفة الذكر ، وهذا يقودنا إلى الاستنتاج بأنه ليس بالضرورة أن يحدث نمو الأعفان ويتم إنتاج السموم الفطرية في آن واحد.

يعد الأوكسجين ضرورياً لنمو الأعفان ، ولكن هناك بعض الأنواع التي تستطيع النمو في ظروف لا هوائية ويواكب ذلك إنتاج كحول الأيثانول والحوامض العضوية . كذلك يؤثر الأوكسجين في إنتاج السموم الفطرية ، حيث يتناقص إنتاج الباتولين وحامض البنسيليك بشكل حاد إذا لم تتوفر الكميات الكافية من غاز الأوكسجين ، بالرغم من عدم تأثر معدل نمو العفن ذاته بشكل ملحوظ ، وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن إنتاج سموم الأفلا يكون محدداً بشكل كبير جداً إذا ما كان مستوى تركيز غاز الأوكسجين أقل من (1%) في الوسط الذي تنمو فيه الأعفان المنتجة لهذا النوع من المركبات السمية .

إن درجة تركيز أيون الهيدروجين (PH) وتركيب الوسط الغذائي ليس لهما

تأثير واضح في معدلات نمو الأعفان التي تم التطرق إليها آنفا ، ولكن على أية حال، يمكن لهذين العاملين أن يؤثرا بشكل فعال في إنتاج السموم الفطرية ، فعلى سبيل المثال يتم تحفيز إنتاج سموم الأفلا بشكل كبير إذا احتوى الوسط الغذائي على بعض الحوامض الأمينية، وحوامض دهنية معينة والعنصر المعدني الزنك.

يسبب تواجد بعض الأحياء المجهرية تحديد نمو الأعفان وإنتاج السموم الفطرية ، فمثلاً النمو السريع لبعض أنواع البكتريا على اللحوم الطازجة يمنع تواجد الأعفان على هذا النوع من اللحوم . كما أن بعض الأعفان تؤدي إلى إعاقة نمو أنواع أخرى من الأعفان عند تواجدها في ذات الوسط في آن واحد . أما بالنسبة لعامل الزمن فيمكن القول بأن الوقت اللازم لإنبات السبورات والكونيديات يمكن أن يزداد إلى عشرات الأيام إذا لم تتوفر الظروف المناسبة لذلك، بينما يمكن أن تختصر هذه المدة إلى يوم واحد إذا كانت الظروف مواتية للإنبات.

العوامل المحددة أو المثبطة لنمو الأعفان :

إن معاملة الأغذية البشرية أو المواد العلفية بمختلف مضادات نمو العفن مثل كبريتات النحاس ، المركبات الكبريتية أو العضوية ، يعد في بعض الأحيان ضرورياً قبل الحصاد وذلك بغية منع نمو الأعفان أو تثبيط نموها بشكل كبير. أما بالنسبة للفواكه والخضراوات فيمكن رشها بالمركبات آنفة الذكر أو غسلها بالماء الحار بعد الحصاد مباشرة لنفس الغرض سالف الذكر. أما بالنسبة للأغذية المصنعة مثل المربيات ، الخبز ، المعجنات فيضاف إليها بعض الحوامض العضوية مثل حامض السوربيك ، البروبيونيك ، البنزويك كمواد حافظة وذلك خلال عمليات التصنيع لمنع نمو الأعفان عليها لاحقاً . وغالباً ما تستخدم أملاح الحوامض ذاتها . وتنشط فعالية هذه المواد الحافظة في درجات تركيز أيون الهيدروجين (pH) الواطئة.

إن أغلب الأعفان تكون حساسة لدرجات الحرارة العالية، وتعد عملية البسترة عند درجة حرارة تقع ما بين (70- 80°م) كافية لتثبيط نموها ، وتعد الأغذية المعلبة خالية من الأعفان تماماً إذا تم تعريضها لدرجات حرارية عالية بعد التعليب . فضلاً عن ذلك فإن من الضروري جداً اتخاذ كافة الاحتياطات الصحية اللازمة لمنع تلوث أماكن تصنيع المواد الغذائية والأعلاف الجاهزة وذلك من خلال استخدام مواد التطهير المناسبة مثل الفورمالين ، غاز الكلور أو بخار الماء الساخن وذلك في مواعيد منتظمة . أما السموم الفطرية المنتجة فإنها قليلة التأثر بعمليات البسترة أو

التعقيم بواسطة الحرارة لأن هذه المركبات ثابتة التركيب ولا تتأثر بهذه المعاملات.

وفي ضوء ما سبق ذكره يمكن القول بأن العلاج الأفضل يكمن في منع نمو الأعفان وذلك للسيطرة على إنتاج السموم الفطرية وجعله في أقل حد ممكن إن لم نقل منع إنتاجه كلياً ، ويمكن تحقيق ذلك من خلال عدم توفير الظروف الملائمة لنمو الأعفان ، من جهة أخرى لقد أصبح من الضروري أن يتم فحص كافة المواد الغذائية المعدة للاستهلاك البشري أو لاستخدامها في تصنيع الأعلاف الجاهزة فحصا مختبريا دقيقا للتأكد من خلوها من السموم الفطرية.

الفصل الثالث
التراكيب الكيماوية والصفات العامة للسموم الفطرية

المقدمة :

إن التراكيب الكيماوية للسموم الفطرية كانت تحدياً كبيراً للمتخصصين في مختلف علوم الكيمياء المتعلقة بالمركبات الطبيعية ، إلا أنهم استطاعوا بالكثير من الصبر والمثابرة التوصل إلى معرفة وتحديد التراكيب الجزيئية المعقدة للعديد من هذه المركبات السامة . وبالرغم من صعوبة تصنيف وترتيب هذه المركبات اعتماداً على تراكيبها الكيماوية لوحدها، إلا أنه من الممكن رؤية العلاقات القائمة بين بعضها البعض في ضوء المسارات الحيوية لتخليق هذه السموم لأن جميعها عبارة عن مركبات أيضية ثانوية.

التمثيل الحيوي الثانوي :

إن جميع أشكال الحياة المعروفة ، بما فيها الأعفان ، تحتاج إلى الأوكسجين والمركبات الحاوية له لغرض استخدامها كلبنات بنائية في كتلتها الحيوية . ولكن الأعفان تغاير هذه القاعدة من حيث احتياجها للمركبات العضوية لكل من عمليتي بناء الكتلة الحيوية (التمثيل البنائي) وكذلك لإنتاج الطاقة لتحريك هذه التفاعلات (التمثيل الهدمي) . إن هذه المقومات المشار إليها غالباً ما تدعى بعمليات التمثيل الحيوي الابتدائية ، وتتشارك العديد من الكائنات الحية في الكثير من الأوجه العامة لهذه العمليات.

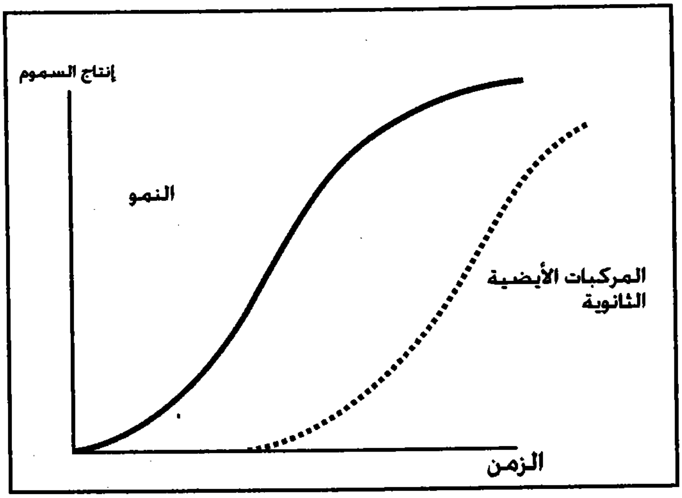
أما عمليات التمثيل الحيوي الثانوية فتتميز عن عمليات التمثيل الحيوي الابتدائية من خلال الآتي :

1- تحدث بشكل مثالي بعد مرحلة من النمو المتزن(الشكل 3-1) وهي غالباً ، وليس دائماً، ما تكون مصاحبة للتغيرات الوراثية المظهرية مثل عملية إنتاج السبورات.

2- إن إنتاج مركبات أيضية ثانوية محددة يكون عادة محصوراً في عدد قليل من الأنواع أو ربما يكون في نوعاً واحداً ، أو يصل الأمر أحيانا إلى

السلالة الواحدة داخل النوع الواحد .

3- لم يتم التوصل إلى إجماع عام معقول في الرأي بين الباحثين حول الوظائف الحيوية لهذه المركبات الأيضية الثانوية ، بالرغم من أن البعض منها ، مثل المضادات الحيوية ، معروف بفعاليته العالية جداً ضد الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا المرضية) ، بينما البعض الآخر منها معروف بسميته لكل من النباتات والحيوانات على حد سواء .

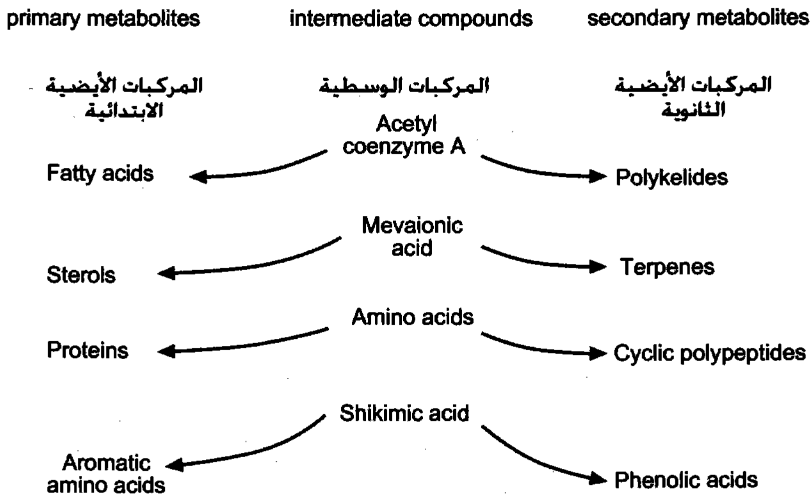


الشكل (3-1) : منحنى يوضح العلاقة مابين نمو العفن والتمثيل الأيضي الثانوي لإنتاج السموم الفطرية.

إن المركبات الأيضية الثانوية هي مركبات عضوية صغيرة ، ولكن معقدة التراكيب ، وقد نجح الباحثون في رسم صور تراكيب العديد من هذه المركبات التي تتميز بالتعددية الهائلة في تراكيبها الكيماوية ولا يزال العمل مستمراً في الكشف عن تراكيب جديدة لهذه المركبات .

وبالرغم من أن المركبات الأيضية الثانوية عموماً ، والسموم الفطرية على وجه الخصوص ، لا تشكل مجموعة ذات صفات محددة من المركبات العضوية ، إلا أنه من الممكن تصنيفها على أساس المسارات الحيوية التي تقود إلى إنتاجها . ويعزى ذلك إلى أن العمليات الأيضية الابتدائية والثانوية يربطها ببعضها البعض عدد محدود من المركبات الوسطية البسيطة مثل الحوامض الأمينية ، حامض الميفالونيك ، وغيرها (الشكل3-2). وغالباً ما يكون هناك مركباً أيضياً ثانوياً هو

عبارة عن المركب الابتدائي أو النواة لسلسلة من التفاعلات تقود إلى تكوين مجموعات أخرى من المركبات . ومن الملاحظ عموماً أنه كلما تعددت الخطوات اللازمة لتكوين سم فطري معين كلما زاد ذلك في محدودية الأنواع المنتجة لمثل هذه المركبات الأيضية الثانوية السامة.



الشكل 3-2 :المركبات الوسطية التي تربط ما بين مرحلتي الايض الابتدائي والثانوي في الأعفان.

فسلجة إنتاج السموم الفطرية :

كما سبق وأن أكدنا ، أن السموم الفطرية عبارة عن مجموعة من المركبات الأيضية الثانوية التي تنتجها مجموعة متخصصة من الأعفان ، وأن إنتاج هذه المركبات السامة يتأثر بعاملين رئيسين هما :

1- النوع أو التركيب الوراثي للعفن.

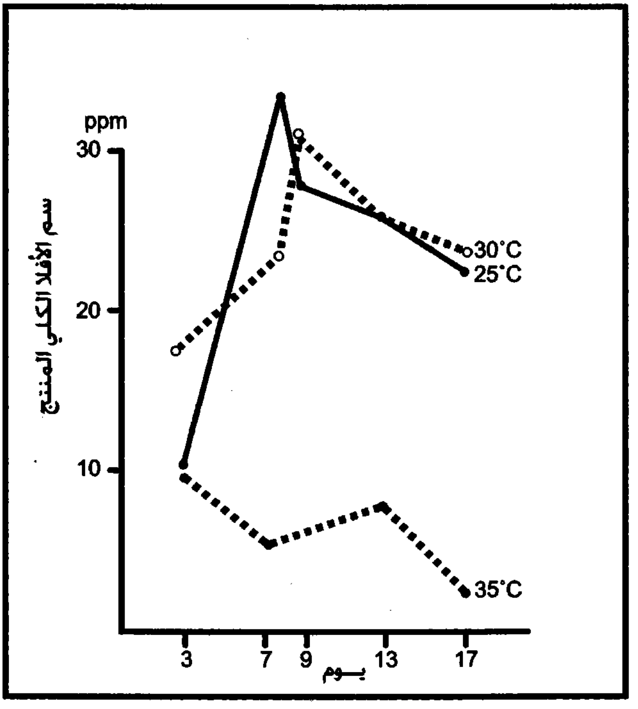
2- طبيعة البيئة الكيماوية والفسيولوجية التي يحدث فيها نمو العفن.

وفي ضوء الانتشار الواسع لبعض أنواع الأعفان في مختلف البيئات، والفوائد الكثيرة للعديد منها في الصناعات الغذائية ، فمن الضروري إدراك حقيقة مهمة وهي أن إنتاج أي سم فطري معين يعتمد على السلالة وليس على النوع فقط . فعلى سبيل المثال من المعروف أن سموم الأفلا يتم إنتاجها فقط من النوعين *A. flavus* و *A. parasiticus* ، ولكن في عين الوقت هناك سلالات من هذين

النوعين معروفة بعدم إنتاجها لأي مركبات سامة . ويبدو أن العفن من نوع *A. parasiticus* يكون في الغالب شائع الحدوث في البذور الزيتية مثل فستق الحقل وأن السموم التي ينتجها هذا العفن تشمل سموم الأفلا من الأنواع B1,B2,G1,G2 ، أما العفن من نوع *A. flavus* فهو أكثر شيوعاً في الحبوب مثل الذرة الصفراء وينتج فقط سموم الأفلا من الأنواع B1 ,B2 . وهناك سلالات من كلا النوعين آنفي الذكر تنتج سم الأفلا من النوع M1 وهو نفس المركب الذي ينتج في حليب الأبقار المستهلكة للأعلاف الملوثة بسم الأفلا من النوع B1 .

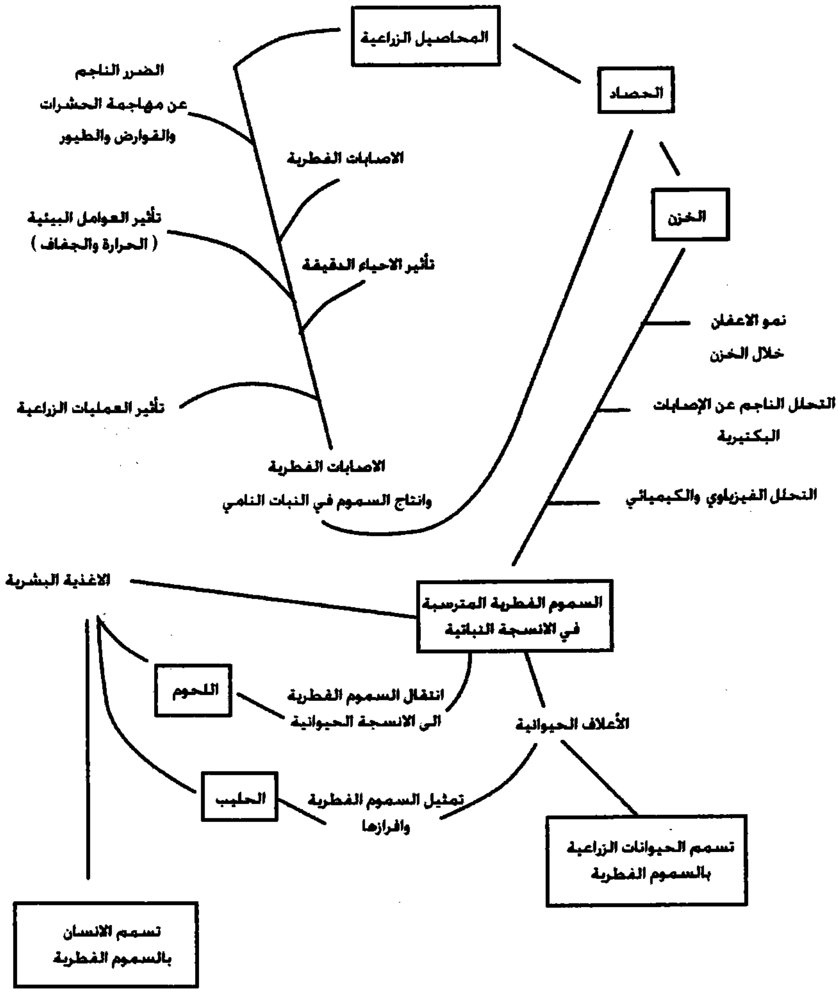
وبالرغم من أن لبعض سلالات الأعفان القدرة الوراثية على إنتاج أنواع معينة من السموم الفطرية، إلا أن كمية السم المنتج تتأثر بكمية العناصر الغذائية المتوفرة في الوسط الذي ينمو فيه العفن. وتشير الدراسات إلى أن إنتاج السموم الفطرية يكون في الحدود الدنيا جداً خلال طور النمو الشديد للعفن وذلك عند تنمية العفن المعني على الأوساط الغذائية المناسبة مختبرياً ، وأنه فقط عند استنفاذ بعض العناصر الغذائية التي تؤدي إلى الحد من عملية النمو أو إبطائها بشكل كبير يبدأ العفن بإنتاج السموم الفطرية بسرعة كبيرة . إن وجود الأحماض الأمينية مثل حامض الكلوتاميك ، حامض الاسبارتيك تعمل على تحسين العمليات التركيبية لإنتاج السموم الفطرية . كما يعد وجود عنصر الزنك أساسيا لتكوين هذه المركبات .

وحتى عندما تكون المتطلبات الغذائية مناسبة لسير العمليات التركيبية اللازمة لإنتاج السموم الفطرية ، فإن العوامل الفيزياوية ، مثل درجة الحرارة والفعالية المائية سوف تكون ذات تأثير في عملية إنتاج هذه المركبات . ففي حالة العفن من نوع *A. parasiticus*الذي هو أساسا من الأنواع التي تتواجد في المناطق شبه الاستوائية ، فإن درجة الحرارة المثلى لنموه هي (35) درجة مئوية ، ولكن وجد أن إنتاج السموم الفطرية يكون في أعلى مستوياته عند درجة حرارة تقع ما بين (25-30) درجة مئوية (الشكل 3-3) . وبصورة عامة هناك تداخل بين درجة الحرارة والفعالية المائية في كل من فعاليتي النمو وإنتاج السموم الفطرية للأعفان ذات العلاقة .



الشكل 3 - 3 :منحنى يوضح العلاقة ما بين درجة الحرارة وكمية سموم الأفلا المنتجة من قبل العفن.

إلى جانب العوامل المشار إليها آنفا والتي تؤثر في النمو والفعاليات الحيوية للأعفان ، فهناك عوامل أخرى يمكن أن تتداخل في النمو وإنتاج السموم الفطرية (الشكل 3-4) ، ومن هذه العوامل : المركبات



الشكل 3 - 4 : مخطط يوضح مختلف العوامل المؤثرة في حدوث السموم الفطرية في الأغذية البشرية والأعلاف الحيوانية التي تنتجها أحياء دقيقة أخرى ، نوع النبات الذي يحدث فيه نمو العفن ، نوع وكفاءة العمليات الزراعية التي يتم إجرائها خلال الموسم الزراعي .

فعلى سبيل المثال يمكن تثبيط إنتاج السموم الفطرية بواسطة حامضي الستريك واللاكتيك ، ويحدث نفس التأثير من خلال استخدام بعض مكونات التوابل . من جهة أخرى قد تعمل إضافة بعض مضادات نمو الأعفان على تحسين

إنتاج السموم الفطرية كما يحدث عند إضافة حامض البروبيونيك لحماية الحبوب من نمو الأعفان عليها ، حيث يعمل هذا المركب على تحسين العمليات الحيوية التركيبية التي تؤدي إلى إنتاج مختلف مركبات سموم الأفلا على الرغم من أنه يعمل على تثبيط نمو الأعفان المنتجة لها.

من المعروف أن لنوع النبات أيضا تأثير في كمية السم التي ينتجها العفن عند غزوه للنبات في مرحلة النمو أو في الحاصل بعد الحصاد ، وهذه الخاصية يمكن أن تفتح آفاقاً جديدة أمام المشتغلين بعلوم تربية وتحسين النبات لإنتاج أصناف من المحاصيل الزراعية تكون حاملة لصفات مقاومة نمو الأعفان عليها وبالتالي يؤدي ذلك إلى الحد من إنتاج السموم الفطرية في هكذا أصناف.

وسنتطرق فيما يلي ، في ضوء المعلومات المتوفرة إلى الوقت الحاضر ، إلى التراكيب الكيماوية والصفات العامة للسموم الفطرية وسيتم التركيز بشكل خاص على المجموعات الرئيسية التي تم تثبيت خواصها ومواصفاتها بشكل واضح ، كما سيتم التطرق إلى مجموعتين أخريين تم التوصل إلى تركيبهما ومصدرهما حديثاً ، ولكن لم يتضح إلى حد الآن تأثيرهما في الفعاليات الحيوية للكائنات الحية بشكل دقيق .

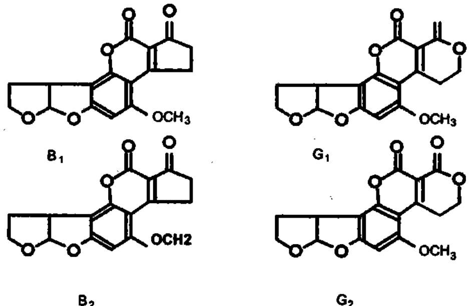
1 - مجموعة سموم الأفلا :

على الرغم من اكتشافها قبل أكثر من 40 عاماً مضت، غير أن سموم الأفلا التي ينتجها العفن من النوع *Aspergillus flavus* والعفن من النوع *A. parasiticus* لا زالت تحظى بالقدر الأكبر من اهتمام الباحثين العاملين في مجال السموم الفطرية . لقد أصبح معروفاً أن قابلية التأقلم البيئي لنوعي الأعفان المنتجة لسموم الأفلا مسألة على قدر كبير من التعقيد ، حيث تشمل علاقة الأعفان بالنباتات خلال مرحلة نموها في الحقل وتمتد إلى نمو الأعفان على السلع الغذائية المخزونة تحت ظروف غير ملائمة.

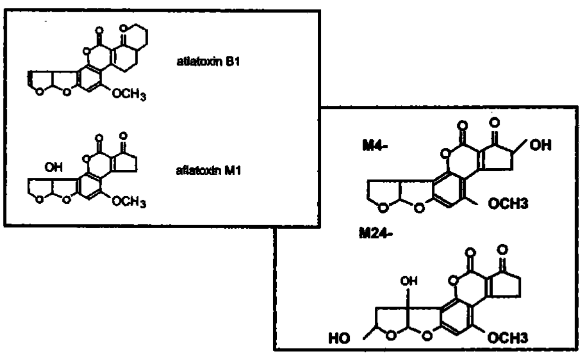
لقد تم توثيق كمية كبيرة من المعلومات على مدى العقود الثلاث الماضية حول التأثيرات السمية الحادة والمزمنة لمختلف مركبات سموم الأفلا في مجموعة واسعة من الكائنات الحية ، كما تم التوصل إلى فهم واضح حول كيفية تأثير هذه السموم على مستوى الخلية مما سهل دراسة تأثيرها بشكل أكثر عمقاً في الصحة العامة سواء بالنسبة للإنسان أو الحيوانات الزراعية .

على الرغم من أن تعرض الإنسان لمركبات الأفلا غالباً ما يحدث بشكل واسع في أقطار العالم الثالث الواقعة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية مقارنة بالمناطق الأخرى من العالم ، غير أن تلوث العديد من السلع الزراعية بمختلف مركبات سموم الأفلا مثل الذرة الصفراء وفستق الحقل له وقع اقتصادي كبير في العديد من بلدان العالم المتقدمة مثل الولايات المتحدة الأمريكية والعديد من دول أوربا.

سبق وإن أشرنا إلى أن مجموعة سموم الأفلا تنتج من قبل عدد من سلالات الأعفان من نوعي *Aspergillus flavus* و *Aspergillus parasiticus* ، وتصنف هذه المجموعة من المركبات الأيضية الثانوية ضمن الفيورانوكومارين ، وقد تم إلى الوقت الحاضر عزل وتشخيص (17) نوعاً من هذه المركبات الأيضية، إلا أنه عادة يطلق اسم سموم الأفلا على أربعة مركبات رئيسية من هذه المجموعة هي : B1,B2,G1,G2 التي تحدث طبيعياً في المنتجات النباتية نتيجة تلوثها بالأعفان آنفة الذكر . وقد تم تشخيص هذه المركبات الأربعة عن بعضها البعض اعتماداً على لون توهج الفلورة المنبعث منها ، إذ أن مجموعة سموم الأفلا من النوع B يكون لون التوهج فيها أزرق عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية بطول موجي معين ، أما مجموعة سموم الأفلا من النوع G فيكون لون التوهج المنبعث منها أخضر عند تعرضها لنفس الأشعة. ومن بين الأربع مركبات الرئيسية يكون النوع B1 هو الأكثر سيادة في الأوساط الغذائية حيث يتم العثور عليه بأعلى التراكيز ويليه في ذلك النوع G1 ، أما كل من المركبين G2,B2 فإنه يتم العثور عليهما في المنتجات الزراعية بتراكيز أوطأ مما هو عليه الحال بالنسبة للمركبين B1,G1 (الشكل 3-5) . إن أبقار الحليب التي تغذى على أعلاف ملوثة بسموم الأفلا B2,B1 فإن مثل هذه الأبقار تفرز هذه السموم على شكل مركبات أيضية ثانوية في الحليب تسمى M1,M2 على التوالي .



الشكل 3-5 : التراكيب الكيماوية لأنواع سموم الأفلا الرئيسية.



الشكل 3-6 :التراكيب الكيماوية لمختلف أشكال سم الأفلا من النوع M الذي يتم العثور عليه في الحليب.

إن المركبين B2,G2 هي مشتقات من المركبات الأبوية B1,G1 أما المركبين M2,M1 فهي مشتقات ثنائية الهيدروكسيل من المركبين B1,B2 على التوالي ، وتتباين هذه المركبات في خواصها الفيزياوية والكيماوية (الجدول 3-1).

الجدول (3-1) : الصفات الفيزياوية والكيماوية لبعض مركبات سموم الأفلا وعدداً من مشتقاتها الثانوية.

نوع سم الأفلا	التركيب الكيماوي	الكتلة الجزئية النسبية	درجة الإنصهار درجة مئوية	امتصاص الأشعة فوق البنفسجية nm 362 . 260 nm 265		درجة توهج الفلورة nm
B1	$C_{17}H_{12}O_6$	312	.268 269	12400	21800	425
B2	$C_{17}H_{14}O_6$	314	.286 289	12100	24000	425
G1	$C_{17}H_{12}O_7$	328	.244 246	9600	17700	450
G2	$C_{17}H_{14}O_7$	330	.237 240	8200	17100	450
M1	$C_{17}H_{12}O_7$	328	299	14150	357)21800 (nm	425
M2	$C_{17}H_{14}O_7$	330	293	nm)12100 (264	357)22900 (nm	*_
P1	$C_{16}H_{10}O_6$	298	320	167)12100 (nm	362)15400 (nm	*_
Q 1	$C_{17}H_{12}O_7$	328	غير معروفة	267)11450 (nm	366)17500 (nm	*_
افلاتوكسكول	$C_{17}H_{14}O_6$	330	.230 234	261)10800 (nm	325)14100 (nm	425

*يكون لون توهج الفلورة لسم الأفلا **M2** بنفسجياً ، بينما يكون أصفر مخضر لكل من المركبين **P1** و**Q1**.

تتميز مجموعة مركبات سموم الأفلا بشدة توهج الفلورة المنبعث منها عند تعرضها للموجات الطويلة من الأشعة فوق البنفسجية ، وهذه الخاصية تجعل من الممكن الكشف عن تواجد هذه المركبات السامة بمستويات واطئة جداً (0.5 نانوغرام أو أقل من ذلك لكل بقعة من بقع الكشف المثبتة على ألواح الفحص الكروماتوغرافي) كما توفر هذه الخاصية الأسس اللازمة عملياً لكافة الفحوصات الفيزيوكيمياوية الخاصة بالتحري عن السموم الفطرية وتحديد تراكيزها ، وتشير أيضا نتائج هذه الفحوصات إلى إمكانية تقدير مستوى سموم الأفلا M1 في

الحليب إلى مستويات تصل إلى (0.02) مايكروغرام / لتر .

تذوب مركبات سموم الأفلا بشكل كامل في المذيبات متوسطة القطبية مثل الكلوروفورم والميثانول وبشكل خاص في المذيب أوكسيد الكبريت ثنائي المثيل الذي يستخدم عادة كمادة حاملة عند تجريع سموم الأفلا للحيوانات المختبرية . أما قابلية ذوبان سموم الأفلا في الماء فهي محدودة إذ تكون بحدود (10-20) ملغم/لتر.

تتحطم سموم الأفلا بشكل قليل أو قد لا يتحطم تحت ظروف الطبخ الاعتيادية أو أثناء عملية البسترة ، وإن تحميص المكسرات يؤدي إلى خفض كمية سموم الأفلا بشكل ملموس ، كما يمكن القضاء على سموم الأفلا كلياً باستخدام التسخين مع الضغط بوجود الأمونيا أو المعاملة بالهيبوكلورايت.

إن وجود حلقة اللاكتون (Lactone ring) في جزيئة سموم الأفلا يجعلها أكثر عرضة للتحلل المائي في المحاليل القاعدية ، وهذه الخاصية مهمة في أنه أي عملية لتصنيع الأغذية تتضمن المعاملة بالقواعد ستعمل على خفض مستوى التلوث بسموم الأفلا في المنتج النهائي ، وتشير نتائج الدراسات إلى أنه بالرغم من أن وجود البروتين ، درجة تركيز أيون الهيدروجين (PH) وطول فترة المعاملة ربما تؤدي إلى تحوير النتائج النهائية ، لكن على أية حال ، إذا كانت المحاليل القاعدية المستخدمة ضعيفة فإن إضافة الحامض إلى المنتج الغذائي يمكن أن يعمل على عكس التفاعل وإعادة تكوين سم الأفلا في شكله الأصلي.

إن سموم الأفلا كمركبات نقية تكون ثابتة عند درجات الحرارة العالية عند تسخينها بوجود الهواء ، ولكنها تصبح مركبات قلقة نسبياً عند تعرضها للضوء ، وعلى وجه الخصوص الأشعة فوق البنفسجية، وكذلك عند تعرضها للهواء خلال وجودها على ألواح الفحص الكروماتوغرافي وخاصة عند إذابتها في محاليل عالية القطبية.

تكوين سموم الأفلا من قبل الأعفان :

يبدو من المعلومات المتوفرة أن تكوين مركبات سموم الأفلا محصور في عدد من سلالات النوعين *A. flavus Link* و *A. parasiticus Spear* ، وكلاهما ينتميان إلى مجموعة عفن الأسبرجلس.

إن السلالات المنتجة لسموم الأفلا من مجموعة العفن *A. flavus* هي من

السلالات الشائعة والواسعة الانتشار ، وقد تم عزلها من مجموعة كبيرة من المواد المختلفة (الجدول3-2) . وتبين من نتائج التحري عن وجود السموم الفطرية أن نسبة عالية من السلالات المعزولة (20-98%) لها القدرة على إنتاج السموم الفطرية من مجموعة سموم الأفلا .

الجدول (3-2) : السلالات المنتجة سموم الأفلا من مجموعة العفن *A. flavus* التي تم عزلها من أربعة أنواع مختلفة من المحاصيل الزراعية.

نوع المحصول	عدد السلالات المعزولة	نسبة السلالات القادرة على إنتاج سموم الأفلا%	كمية سموم الأفلا من النوع **B1** المنتج (مايكروغرام / دورق)
فستق الحقل	100	98	3300
بذور القطن	59	81	3200
الرز	127	20	1100
الذرة الصفراء	63	24	3300

تاثير نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة في إنتاج مركبات سموم الأفلا :

إن نسبة الرطوبة في المنتجات الزراعية ودرجة الحرارة البيئية تعدان العاملان الرئيسيان المسؤلان عن تنظيم نمو الأعفان وبالتالي قدرتها على إنتاج هذا النوع من السموم الفطرية.

تشير نتائج الدراسات إلى أن احتواء الذرة الصفراء على (18.3%) من الرطوبة على أساس الوزن الرطب تمثل الحد الأدنى من الرطوبة اللازمة لنمو العفن *A. flavus*في حبوب الذرة الصفراء . ومن الدراسات المختبرية تبين أن نسبة الرطوبة في حالة التوازن مع الرطوبة النسبية بدرجة (85%) أو الفعالية المائية بمقدار (0.85) تمثل الحد الأدنى من متطلبات نمو العفن من النوع *A. flavus* وإنتاجه سموم الأفلا ، وفي الحبوب الشتوية مثل القمح ، الشوفان ، الشعير ، الرز، الذرة الصفراء ، الذرة البيضاء ، فإن الحدود الدنيا لدرجة الرطوبة المناسبة تكون بحدود (18.3-18.5%). وفي فستق الحقل ، فستق البرازيل والمكسرات الأخرى ، جوز الهند ، بذور زهرة الشمس وبذور الكتان التي تكون جميعها حاوية على نسب عالية من الزيت ، فإن الحدود الدنيا المناسبة من الرطوبة تقع ما بين (9-

10%) . أما درجات الحرارة الدنيا ، المثلى ، والعليا المناسبة لإنتاج مركبات سموم الأفلا فهي 12 ، 27 ، 40-42 درجة مئوية على التوالي . أما بالنسبة للعلاقة ما بين الفعالية المائية ودرجة الحرارة وتأثيرهما في نمو العفن *A. parasiticus* وإنتاج سموم الأفلا فقد دلت نتائج الدراسات المتوفرة على عدم العثور على أي كميات من سم الأفلا B1يمكن قياسها عندما تكون درجة الحرارة أقل من (10) درجة مئوية والفعالية المائية أقل من (0.83) .

العوامل الحيوية التي تؤثر في إنتاج سموم الأفلا :

تشير نتائج العديد من الدراسات الحديثة إلى أن وجود بعض الأحياء الدقيقة التي تنمو مع الأعفان من نوعي *A. flavus* أو *A. parasiticus* يمكن أن تؤثر سلبياً أو ايجابياً في إنتاج مركبات سموم الأفلا. فقد لوحظ أن وجود العفن من نوع *A. niger*يمكن أن يعمل على تثبيط إنتاج سموم الأفلا في بذور فستق الحقل الملوثة بأنواع الأعفان المنتجة لسموم الأفلا ، أما البكتريا المنتجة لحامض اللاكتيك (*Streptococcus lactis*)فإنها لا تعمل على تثبيط إنتاج مركبات سموم الأفلا وحسب ، وإنما تعمل على تحطيم السموم المنتجة في الوسط الغذائي الذي تتواجد فيه هذه البكتريا مع العفن آنف الذكر . من جهة أخرى وجد أن كل من الخميرة من نوع *Hypopichia burtonii* والبكتريا من نوع *Bacillus amyloliquefaciens*، واللذان يمكن عزلهما عادة كملوثات سطحية لبذور الذرة الصفراء ، يعملان على تحفيز إنتاج سموم الأفلا من قبل العفن *A. flavus* عند تواجدهما مع العفن المذكور على الذرة الصفراء أو الرز الذي سبق وأن تم تعقيمهما بالإشعاع قبل زراعة الأحياء الدقيقة المذكورة عليهما.

على الرغم من أن العوامل الفسلجية وعوامل التطور التي تتحكم بعملية التخليق الحيوي للسموم الفطرية لا زالت غير واضحة المعالم على المستوى الجزيئي ، غير أنه أصبح من المؤكد أن هناك ارتباطاً قوياً ما بين عمليات التمثيل الحيوي الابتدائي المصاحبة لطور النمو وإنتاج المركبات الأيضية الثانوية مثل سموم الأفلا . عليه فإنه ليس من المثير للدهشة الحصول على نتائج متباينة من الدراسات الخاصة بتأثير مثبطات نمو الأعفان على إنتاج السموم الفطرية سلبياً أو إيجابيا . فعلى سبيل المثال لا الحصر تشير نتائج العديد من الدراسات الحديثة إلى أن مركبات

البنزويت (Benzoate) ، الثيوكليسرول (Thioglycerol) وبعض تراكيب بروبيونات الأمونيوم (Ammonium propionate) تعمل على تثبيط إنتاج مركبات سموم الأفلا ، وعلى العكس من ذلك يعمل حامض البروبيونيك (Propionic acid) ، الذي هو أحد مثبطات نمو الأعفان ، على تنشيط عملية إنتاج سموم الأفلا . كذلك وجد أن الأحماض الدهنية غير المشبعة ذات السلسلة الطويلة تعمل على تنشيط عملية تخليق سموم الأفلا إذا ما وجدت في الوسط الذي يحدث فيه نمو الأعفان المنتجة للمركبات السمية آنفة الذكر . أما التأثير المثبط لمادة الكافئين لإنتاج سموم الأفلا وعدم تأثيره في نمو العفن فهو أفضل مثال لتوضيح سبب نمو العفن على كل من البن المزال منه الكافئين والمحتوي عليه مع عدم إنتاج سموم الأفلا من قبل العفن إلا في حبات البن الخالية من الكافئين.

من المعروف أن لايونات العناصر المعدنية دور كبير في العديد من الفعاليات الحيوية التي تحدث في الكائنات الحية ، فقد وجد أن لعنصر الزنك تأثير واضح في تنشيط عملية إنتاج سموم الأفلا ، فقد لوحظ أن هناك ارتباطاً قوياً بين تركيز أيون الزنك Zn^{++} ودرجة تلوث بعض السلع الزراعية بمركبات سموم الأفلا مثل الذرة الصفراء أو أعلاف الدواجن الكاملة ، من جهة أخرى وجد أن لعنصر الكادميوم تأثير مثبط لإنتاج سموم الأفلا في بعض الحالات ، ومنشط لإنتاجه في حالات أخرى . إن مثل هذا التضارب في النتائج حول تأثير العناصر المعدنية في إنتاج مركبات سموم الأفلا يحتاج إلى المزيد من الدراسات المستقبلية المعمقة مع وصف دقيق لمستويات العناصر المعدنية المؤثرة سلباً أو إيجابا في عمليات التمثيل الحيوي التي تقود إلى إنتاج هذه المركبات الأيضية الثانوية السامة.

هناك العديد من الأعفان الخيطية التي لها القدرة على إنتاج غاز الأثيلين ، ويبدو أن الأعفان من النوعين *A.flavus* و *A.parasiticus* يدخلان ضمن هذه المجموعة . وتشير نتائج الدراسات إلى أن هناك ارتباطاً بين عمليتي إنتاج غاز الأثيلين وتخليق سموم الأفلا . ان عملية إنتاج غاز الأثيلين تحدث عادة في مراحل النمو المبكرة للعفن ولا تحدث خلال مرحلة إنتاج سموم الأفلا ، وتؤكد هذه الظاهرة الانفصال الموجود بين مراحل طور النمو والعمليات الحيوية المصاحبة له عن طور عمليات التمثيل الحيوي الثانوي التي تقود إلى إنتاج المركبات الأيضية

السامة . فضلاً عن ذلك وجد أن غاز الأثيلين يعمل على تثبيط إنتاج مركبات سموم الأفلا إذا ما وجد خلال مرحلة الايض الثانوية.

2 - مجموعة سموم الأوكرا :

إن سموم الأوكرا هي مجموعة من المركبات الأيضية السمية ذات التراكيب الكيماوية القريبة من بعضها البعض الآخر (الشكل 3-7) . ويتم تصنيفها تبعاً لأصلها التركيبي الحيوي كمجموعة من الكيتايدات الخماسية (Penta ketides) ضمن الكيتايدات المتعددة . (Poly ketides). إن تول المركبات المكتشفة ضمن هذه المجموعة كان عام (1965م) وهو سم الأوكرا من النوع -A ، وقد كان المركب الرئيسي الذي تم عزله بعد تنمية العفن من نوع *A. ochraceus Wilh* في وسط غذائي ، وتبع ذلك دراسة هذا المركب وتحديد خواصه وصيغته الكيماوية، وتم لاحقاً اكتشاف مركب آخر مشتق هو سم الأوكرا من النوع B1.

سم الأوكرا من النوع A مركب عديم اللون ذو قوام بلوري ، ويكون لون الفلورة المنبعث منه أزرقاً عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية . إن ملح الصوديوم لسم الأوكرا من النوع -A يكون ذائباً في الماء بنفس قدرته على الذوبان في المحاليل الحامضية ، ويكون معتدل الذوبان في المذيبات العضوية القطبية مثل الكلوروفورم وكحول الميثانول . وتتباين مجموعة سموم الأوكرا في خواصها الفيزياوية والكيماوية (الجدول 3-3) . وتشير النتائج المتحصل عليها من الدراسات المختبرية وكذلك في الكائنات الحية إلى أن لسم الأوكرا من النوع -A القدرة على الارتباط بالألبومين الموجود في مصل الدم بواقع 2.47 جزيئة من المركب السمي المذكور لكل جزيئة ألبومين موجودة في مصل الدم ، ولكن لم يلاحظ وجود هذه الخاصية بالنسبة للحوامض النووية الخلوية (DNA , RNA).

الجدول (3-3) : الصفات الكيماوية والفيزياوية لعدد من أنواع مركبات الأوكراتوكسين.

نوع سم الأوكرا	الصيغة الجزئية	الكتلة الجزيئية النسبية	درجة الانصهار (0 م)	درجة الامتصاص القصوى (nm) معادل الامتصاص (ε)
A	C20H18CI NO6	403	169(الزايلين) * 89-95 (البنزين)	213 (36800) 322 (6400)
B	C20 H19NO6	369	221	218 (37200) 318 (6900)
α	C11H9CIO 5	256	229	212 (30000) 338 (5600)

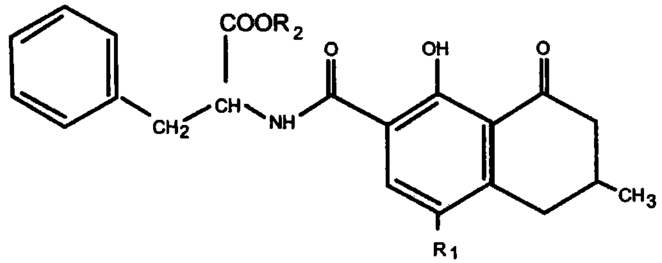
*تتباين درجة الانصهار تبعا لنوع المذيب المستخدم.

لقد تبين لاحقاً إن إنتاج سم الأوكرا -A ليس مقصوراً على نوع واحد من عفن الأسبرجلس ، ولكن هناك أنواع أخرى لها القابلية على إنتاج المركب المذكور آنفا ، كذلك وجد أن بعض أنواع البنسيليوم لها قدرة مماثلة على إنتاج نفس المركب وكما مبين أدناه:

أنواع عفن البنيسيليوم المنتجة لسم الأوكرا من النوع-A	أنواع عفن الأسبرجلس المنتجة لسم الأوكرا من النوع-A
Penicillium viridicatum *P.cyclopium* *P.commune* *P.palitans* *P.purpurescens* *P.variabile*	*Aspergillus ochraceus* *A.ostianus* *A.melleus* *A.petrakii* *A.sclerotiourum* *A.sulphureus* *A.alliaceus*

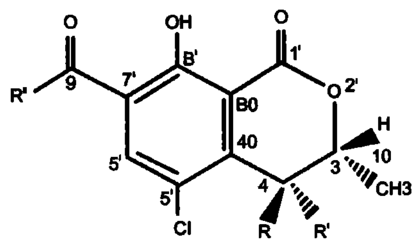
ولكن على أية حال ، لاحظ الباحثون أن ليس كل سلالة مشتقة من الأنواع المذكورة أعلاه لها القابلية على إنتاج سموم الأوكرا.
من الجدير بالذكر أن سم الأوكرا من النوع -A هو المركب الذي يتم العثور عليه غالباً كملوث للمنتجات الزراعية والمواد الغذائية ومن النادر العثور على سم الأوكرا من النوع -B في ذات المواد ، أما بقية أنواع سموم الأوكرا المذكورة في أعلاه فلم يتم العثور عليها أو عزلها سوى من مزارع العفن التي يتم تنميتها تحت الظروف المختبرية.

عند إحداث التحلل الحامضي لسم الأوكرا من النوع -A فإن الناتج يكون متكوناً من : حامض الفنيل الأنين وحامض اللاكتون النشط بصرياً ، وسم الأوكرا α وهو مركب أيضي ثانوي يتم العثور عليه في اليوريا التي يتم طرحها من قبل الحيوانات المختبرية التي تعطى أغذية ملوثة بسم الأوكرا من النوع -A .



The Ochratoxins

R1 = C1 , R2 = H	Ochratoxins A
R1 = H , R2 = H	Ochratoxins B
R1 = C1 , R2 = CH3	
R1 = C1 , R2 = C2H5	Esters of
R1 = H , R2 = CH3	Ochratoxins A and B
R1 = H , R2 = C2H5	



R = R'= H, R = H
H = R , R2 = H
H = H , A2 = CH3
R = C1 , R2 = H2H5

الشكل 3-7 :التراكيب الكيماوية لسم الأوكرا ومشتقاته
من المركبات الأيضية الأخرى.

طرق التحاليل الخاصة بسموم الأوكرا في المواد الغذائية والعلفية:

نظراً لخصوصية سلوك هذه المجموعة من السموم الفطرية فسوف نتطرق بشيء من الإيجاز إلى برنامج التحري والفحص الخاص بها . إن توزيع سموم الأوكرا في المواد والسلع الزراعية لم يحظ بالكثير من الدراسات التفصيلية وعليه

لم يتم تطوير أي برنامج تفصيلي لخطوات أخذ العينات لغرض الفحص المختبري الخاص بالتحري عن هذه المركبات السمية . ولكن على أية حال، فإن خطوات البرنامج العام للتحري عن السموم الفطرية الخاصة بأخذ العينات التي سيتم التطرق إليها في فصل لاحق يمكن تطبيقها بالنسبة لسموم الأوكرا.

لقد تم تطوير العديد من الطرق الكيماوية وبدقة للتحري عن وجود سموم الأوكرا وبدقة تصل إلى (2) مايكروغرام/كغم . إن سم الأوكرا من النوع -A في السلع ذات الوسط الحمضي يكون جاهزاً للذوبان في العديد من المذيبات العضوية ، وقد تم الاستفادة من هذه الخاصية كمبدأ للاستخلاص في العديد من طرق تحليل هذا المركب السام . إن أكثر الطرق شيوعاً ، وخاصة بالنسبة للحبوب ، تتضمن الاستخلاص بواسطة الكلوروفورم في محلول مائي من حامض الفسفوريك ويتبعها عملية تنظيف باستخدام عمود تنظيف يحتوي على محلول مائي من البيكاربونات المخلوط بالتربة المحتوية على نبات الدياتوما (Aqueous bicarbonate-diatomaceous earth) ، ويتبعها تقدير كمي للمركب المذكور باستخدام كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة، (TLC) وقد تم التوصية بهذه الطريقة دولياً من قبل الاتحاد الدولي للكيمياء الصرفة والتطبيقية ، ولهذه الطريقة القدرة على الكشف عن وجود بضعة مايكروغرامات من سم الأوكرا من النوع -A لكل كيلوغرام من المادة تحت الفحص ، عند استخدام غاز الأمونيا خلال خطوات التقدير بغية تحسين قدرة الكشف عن هذه المستويات الواطئة من هذا المركب السمي.

وقد تم تطوير العديد من الطرق المعتمدة على الأعمدة الصغيرة (Mini column) لأغراض التحري عن وجود هذه السموم ، كما تم تطوير طريقة الفحص الطيفي تعتمد على مبدأ شطر سم الأوكرا من النوع -Aإلى مركب الأوكرا من النوع α وحامض الفنيل الأنين ، وهو أحد الأحماض الأمينية . من جهة أخرى قام الباحثون باستخدام طرق بيولوجية تعتمد على استخدام يرقات سمك الزيبرا . جمبري المياه المالحة أو البكتريا للتحري عن وجود هذه السموم الفطرية ، غير أن هذه الطرق لم تدخل لحد الوقت الحاضر حيز التطبيق العملي بشكل معتمد.

تكوين سموم الأوكرا من قبل الأعفان :

تم عزل سموم الأوكرا لأول مرة وذلك في عام (1965 م) من مزرعة مختبرية

للعفن من النوع *Aspergillus ochraceus* الذي سمي المركب المذكور نسبة إليه ، ولكن تبين من الدراسات اللاحقة أن هناك أعداد أخرى من أنواع الأعفان تنتمي إلى جنسي الأسبرجلس والبنسيليوم لها القدرة على إنتاج سموم الأوكرا (الجدول 3-4) . ويبدو أن العفن من نوع *A. ochraceus* والعفن من نوع *P. viridicatum* هما المنتجان الرئيسيان لهذه المجموعة من السموم الفطرية .

الجدول (3-4) : أنواع الأعفان المنتجة لسموم الأوكرا.

Penicillium Link	
Monoverticillia :	
P. frequentans series	*P.purpurrescens Sopp*
Asymmetrica-Lantana	
P. commune series :	*P.commune Thom*
Asymmetrica-Fasciculata :	
P. viridicatum series :	*P.viridicatum Westling*
	P.palitans Westling
P. cyclopium series :	*P. cyclopium Westling*
Biverticillata-Symmetrica :	
P. purpurogenum series :	*P.variabile Sopp*
Aspergillus Micheli	
Aspergillus ochraceus group :	
	A.sulphureus(Fres.)Thom and Church
	A.sclerotiorum Huber
	A.alliaceus Thom and Church
	A.melleus Yakawa
	A.ochraceus Wilhelm
	A.ostianus Wehmer
	A.petrakii Voros

تاثير درجة الحرارة والمحتوى الرطوبي في إنتاج سموم الأوكرا :

تشير النتائج الخاصة بدراسة قدرة العفن *A. ochraceus* على إنتاج سم الأوكرا من النوع -A أن الإنتاج الأمثل لهذا المركب السام يحدث في درجات حرارية تقع ما بين (20-30) درجة مئوية ، وإن أعلى إنتاج له يحدث عند درجة حرارة (30) درجة مئوية على أن تكون درجة الفعالية المائية 0.953 (وهذا يعني احتواء المادة الغذائية على 39% من الماء كنسبة من الوزن الجاف) ، أما عند

درجات الحرارة الأوطأ ، كأن تكون (15) درجة مئوية ، فإن متطلبات العفن من الرطوبة تزداد تبعاً لذلك (تكون الفعالية المائية 0.997 وهذا يعني أن المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية يكون 52% ، (الجدول 3-5) .

الجدول (3-5) : إنتاج سم الأوكرا -A من قبل نوعي العفن *A. ochraceus* و *P. viridicatum* تحت درجات مختلفة من الفعالية المائية ودرجات الحرارة.

أ. العفن A.ochraceus

(بعد أسبوعين من الحضانة)

درجة الفعالية المائية	كمية سم الأوكرا -A المنتجة ملغم/كغم درجات الحرارة / درجة مئوية 15	22	30
0.852	صفر	صفر	60
0.901	صفر	46	111
0.953	36	201	302
0.997	81	156	218

ب . العفن P.viridicatum

(بعد ثلاثة أسابيع من الحضانة)

درجة الفعالية المائية	كمية سم الأوكرا- A المنتجة ملغم/كغم درجات الحرارة / درجة مئوية 5	12	25
0.85-0.58	-	4000	11000
0.93-0.90	-	160000	280000
0.97-0.95	17000 بعد خمس أسابيع من الحضانة	-	-

إن جنس البنيسيليوم يحتوي على بعض أنواع الأعفان المحبة للبرودة ، وقد تبين من الدراسات الخاصة بتأثير درجات حرارة الحضانة الواطئة للأعفان أن هناك بعض سلالات العفن من النوع *P. viridicatum* لها القدرة على إنتاج سم الأوكرا A-عند درجات حرارية تقع ما بين (5-10) درجة مئوية ، وهذا يفسر أن التلوث الشديد بسموم الأوكرا الذي يحصل في العديد من المواد الغذائية في الأقطار التي يسود فيها الجو البارد يعزى إلى إنتاج هذه المركبات السمية من قبل سلالات العفن المحبة للبرودة من الجنس المذكور آنفا.

ينتشر حدوث سم الأوكرا من النوع A بشكل واسع في الحبوب في العديد من مناطق العالم ، وقد تم العثور على مستويات متباينة من هذا المركب السام في الحبوب مثل القمح ، الشعير ، الشوفان ، الشيلم ، الذرة الصفراء ، حيث تبين من فحوص التحري الكمي عن هذا المركب السام أن مستوى التلوث به تراوح ما بين (5-27500) مايكروغرام ، وذلك في مناطق مختلفة من العالم مثل كندا ، الدنمارك ، فرنسا ، بولندا ، السويد ، يوغسلافيا ، أمريكا الشمالية.

السموم الفطرية الأخرى المنتجة من العفن من جنس الأسبرجلس :

سبق وأن ذكرنا أن البعض من سلالات عفن الأسبرجلس متخصصة بإنتاج سموم الأفلا التي سبقت الإشارة إليها في فقرة سابقة . ولكن تبين فيما بعد أن هنالك أعفان أخرى من جنس الأسبرجلس تنتج أنواعا أخرى من المركبات السمية من غير سموم الأفلا، وسوف نتطرق إلى ما هو مكتشف منها فيما يلي:

بالرغم من أن مركب الستيركاماتوسستين (Sterigmatocystin)يعد مركب الطليعة (precursor) لتكوين سموم الأفلا ، لكن يتم إنتاجه بكميات كبيرة من قبل مجموعة واسعة من الأعفان ، وعلى الأخص العفن *A.versicolor* ، ولا يعد هذا المركب من حيث السمية وإحداث التسرطن بمثل قوة سموم الأفلا ، ولكن تشير نتائج الدراسات التطبيقية أنه يمكن لكمية قليلة منه لا تزيد عن 1 ملغم /كغم أن تسبب موت الأنسجة (necrosis) وتليف الأوعية الدموية في الكبد ونزيف في أنسجة الكلية في أفراخ الدجاج ، ولقد تم العثور على هذا المركب السمي في أعلاف مواشي الحليب التي ظهرت عليها أعراض الإسهال الدموي الحاد ثم الهلاك .

ولقد توصل الباحثون إلى عزل المركبات السامة التي ينتجها العفن *A.versicolor* من مدى واسع من المنتجات الزراعية المخزونة في العديد من المناطق الواقعة غرب كندا . مما سبق ذكره يبدو أن مركب الستيركاماتوسستين واسع الانتشار في البيئة ، وبناءاً على ذلك يصبح من الضروري وضع البرامج المناسبة للتحري عن هذا المركب السمي الواسع الانتشار ثم إصدار النشرات التحذيرية حول مستويات تواجده وسبل السيطرة عليه للحد من خطورته سواء بالنسبة للإنسان أو الحيوانات الزراعية على اختلاف أنواعها.

أما المركب السمي الآخر فهو حامض البيازونيك الحلقي. وتم لأول مرة وصف هذا المركب السمي بأنه مركب أيضي ثانوي للعفن *P. cyclopium* ، ولكن تم حديثاً عزله من كل من العفن *A.versicolor* والعفن *A.flavus* ، وفي حالة العفن *A. flavus* يتم تكوين هذا المركب السمي بالدرجة الأساسية في الأجسام الحجرية ، وتشير آراء بعض الباحثين إلى أن حامض البيازونيك الحلقي وبعض السموم الفطرية الأخرى المشتقة من مركبات الأندول ، مثل الأفلاتريم (Aflatrem) ، هي جزء من الميكانيكية الدفاعية للأعفان ضد المفترسات من الحشرات المفصلية.

تعد في الوقت الحاضر بعض سلالات العفن *A. oryzae* من الأشكال المدجنة للعفن *A.flavus* ، وقد وجد الباحثون أن لهذه السلالات القدرة على إنتاج حامض البيازونيك الحلقي ويعد هذا الحامض من السموم الفطرية المستقرة التركيب إلى درجة تكفي لظهوره في أنسجة الدواجن المختلفة ، وخاصة الأنسجة العضلية منها، بعد إعطائها هذا المركب السام عن طريق الفم.

لقد أشارت نتائج الدراسات الحديثة إلى أن للعفن *A. terreus* القدرة على إنتاج مدى واسع من مختلف المركبات الأيضية الثانوية السامة التي تؤثر في الجهاز العصبي المحيطي مثل التيريتريم (Territrem) . كما أن لهذا العفن القدرة على إنتاج مجموعة أخرى من السموم الفطرية وتشمل : الباتولين patulin ، السترنين citrinin ، الكوادرون quadrone ، التيريتونين terretonin والميفينولين mevinolin.

في ضوء قدرة الجنس الواحد من الأعفان على إنتاج مجموعة متنوعة من المركبات السمية يسعى الباحثون في مجال السموم الفطرية ، في ضوء التقدم الحاصل في وسائل التحري عن هذه المركبات وتشخيصها ، إلى محاولة دراسة

خواص هذه النواتج الأيضية الثانوية المتنوعة التي تنتجها الأعفان لغرض التعرف على مدى خطورتها وفهم تأثيرها في الفعاليات الحيوية لمختلف أنواع الكائنات الحية.

3 - الزيرالينون:

لقد حظي هذا المركب باهتمام الباحثين خلال العقدين الأخيرين من القرن العشرين المنصرم، حيث قاموا بدراسة مختلف خواصه الفيزياوية والكيماوية والطرق الكيماوية المناسبة للتحري عنه في مختلف مصادر الغذاء وتحديده كمياً فضلاً عن دراسة مصادره ومدى حدوثه في الأوساط الغذائية المختلفة.

إن الزيرالينون من المركبات الفينولية ، ويتم تصنيفه اعتماداً على أصل تكوينه الحيوي ضمن مجموعة الكيتايدات المتعددة . إن الزيرالينون ($C_{18}H_{22}O_5$) هو مركب بلوري أبيض اللون وتبلغ كتلته الجزيئية النسبية 318 ، ودرجة انصهاره تقع ما بين (164-165) درجة مئوية . وتبلغ درجة الامتصاص القصوى (وكذلك معامل الامتصاص) عند 236 nm (29700) وعند 274 nm (13909) وعند 316 nm (6020) .

يكون لون توهج الفلورة المنبعث من مركب الزيرالينون أزرق مخضر عند تعرضه إلى الموجات الطويلة (nm360) من الأشعة فوق البنفسجية ، ويعطي لوناً أخضر غامق عند تعرضه للموجات القصيرة (nm260) من ذات الأشعة.

لقد تمكن الباحثون من عزل العديد من مشتقات الزيرالينون من مزارع الأعفان تحت الظروف المختبرية ولكن لم يتم إلى الوقت الحاضر العثور على أي منها كملوثات طبيعية للمواد الغذائية والأعلاف الحيوانية.

توصل الباحثون إلى تطوير طريقة متعددة الأغراض للتحليل الكيماوي لأغراض التحري عن كل من مركب الزيرالينون ، سموم الأفلا وسموم الأوكرا وتعتمد هذه الطريقة أساسا على استخدام المذيبات العضوية في محاليل مائية لاستخلاص السموم من الأوساط المطلوب فحصها ، ثم يتم عزل الزيرالينون عن السموم الأخرى باستخدام أعمدة فصل متخصصة وتصل دقة هذه الطريقة إلى الكشف عن مستويات تقع ما بين (50-100) مايكروغرام/كغم . كما تم حديثا تطوير طرق أخرى للتحري عن الزيرالينون تعتمد على فحوصات الكروماتوغرافيا

أو الفحص الطيفي الكتلوي أو خليط من هذه الطرق.

ينتج الزيرالينون من عدد من سلالات أنواع عفن الفيوزاريوم التالية:

F. graminearum
F. tricinctum
F. oxysporum
F. sporotrichioides
F. moniliforme

وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى ضرورة مرور الأعفان آنفة الذكر بفترات من درجات الحرارة الواطئة (12-14 درجة مئوية) أثناء نموها لتحقيق أعلى إنتاج للمركب السام المذكور.

4 - الترايكوثسينات :

تم تشخيص وعزل (148) نوعاً من الترايكوثسينات إلى الوقت الحاضر من مزارع الأعفان المختبرية وكذلك من على النباتات في الحقول، وإن (83) نوعاً من هذه المركبات لا تمتلك تراكيب حلقية كبيرة و(65) نوعاً منها تمتلك مثل هذه التراكيب الحلقية . ولأجل السهولة تم تصنيف هذه المجموعة من السموم الفطرية إلى أربعة فئات رئيسية طبقاً للتشابه الموجود بين المجاميع الفعالة في هذه المركبات وهي كالآتي :

1- المجموعة الأولى:

إن هذه المجموعة من الترايكوثسينات تتصف بوجود مجموعة فعالة أخرى فضلاً عن الكيتون عند الكربون 8 (وتسمى الفئة أ) ، وهي أكبر الفئات وتشمل عدة مركبات مثل المركب السميT-2، diacetoxyscirpenol (DAS) ، المركب السمي H T-2 ، المركب السمي T-2 tetraol .

2-المجموعة الثانية:

هذه الفئة من الترايكوثسينات لها مجموعة كاربونيل فعالة عند الكربون 8 (وتسمى الفئة ب) ، وتشمل هذه الفئة كل من مركبات النيفالينول (NIV) و 4-deoxynivalenol (DON) .

3- المجموعة الثالثة:

تتصف بوجود مجموعة أيبوكسايد ثانية عند الكربون 8،7 أو الكربون 10.9 (وتسمى الفئة ج) وتشمل أيضا عدة مركبات سمية مثل: مركب الباكارين والكروتوسين .

4- المجموعة الرابعة :

تحتوي على تركيب حلقي كبير بين الكربون 4 والكربون 15 مع رابطتي أيستر (وتسمى الفئة د) وتشمل عدة أنواع من المركبات مثل: الرودرين A ، الفيروكارين وغيرها.

وتتباين الفئات الأربع في تراكيبها الكيماوية ، وهذا التباين هو الأساس في تصنيفها إلى الفئات المذكورة سالفاً . إن الترايكوثسينات مركبات عديمة اللون ، بلورية صلبة في الغالب ، وقد تمكن الباحثون من تحديد مواصفاتها باستخدام تقنيات الفحص الطيفي . تذوب الترايكوثسينات من الفئة (أ) بسهولة في المذيبات معتدلة القطبية مثل الكلوروفورم ، الأيثر ثنائي الاثيل ، الأسيتون ، بينما يتطلب إذابة الترايكوثسينات من الفئة (ب) مذيبات عالية القطبية مثل المحلول المائي لكحول الميثانول، وتختلف الترايكوثسينات من فئة لأخرى بخواصها الفيزياوية (الجدول3-6) .

ونظراً لخصوصية التراكيب الكيماوية للفئات المختلفة من الترايكوثسينات فإنه لا يمكن تشخيصها اعتماداً على درجة امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ، ويشذ عن هذه القاعدة مركبات الفئة (د) حيث من الممكن تشخيصها باستخدام قابلية امتصاص الأشعة فوق البنفسجية.

تتميز الترايكوثسينات بثباتها لفترات طويلة عند حفظها في المذيبات العضوية المناسبة وبدون حصول فقد كمي ملموس فيها . ولا تتأثر عند إمرارها عدد من المرات في المذيبات العضوية أو عند إمرارها في أوساط واطئة الحامضية.

الجدول (3-6) : بعض الصفات الفيزياوية للفئات الرئيسية من مركبات الترايكوثسينات

نوع المركب	التركيب الجزيئي	الكتلة الجزيئية النسبية	درجة الانصهار/ درجة مئوية
T2-toxin	$C_{24}H_{34}O_9$	466	152- 151
HT-2 toxin	$C_{22}H_{26}O_8$	424	-
Diacetoxyscirpenol	$C_{19}H_{26}O_7$	366	164 - 162
Neosolaniol	$C_{19}H_{26}O_8$	382	172 - 171
Deoxynivalenol	$C_{15}H_{20}O_6$	296	153 - 151
Nivalenol	$C_{15}H_{20}O_7$	312	223 - 222
Trichothecin	$C_{19}H_{24}O_5$	332	118

Fusarenon-X	C17H22O8	354	92 - 91
Roridin A	C29H40O9	532	204 - 198
Satratoxin H	C29H36O9	528	166 - 162
Verrucarin A	C27H34O9	502	360

طرق التحليل الكيماوي للترايكوثسينات:

تمكن الباحثون حديثاً من تطوير عدد من البرامج المتخصصة للتحري عن مجموعة الترايكوثسينات في مختلف الأوساط الغذائية ، حيث تم التوصل إلى استنباط تقنيات متخصصة لكل من الفئات (أ) و (ب) من المركبات آنفة الذكر ، فضلاً عن ذلك تم التوصل إلى استحداث طرق متعددة الأغراض يمكن استخدامها لكافة أنواع الترايكوثسينات . وتختلف هذه الطرق عن بعضها البعض الآخر في طبيعة ونوعية مذيبات الاستخلاص المستخدمة ، كما تتباين في خواص وصفات المواد المستخدمة في عمليات التنظيف التي تعد من خطوات برنامج التحليل العام المهمة ، حيث يتم فيها عزل كافة المركبات والشوائب من محلول الاستخلاص النهائي والإبقاء على المركب السام المطلوب التحري عنه وتحديده كمياً . ومن أهم التقنيات المتبعة حديثاً في فحوصات التحري عن السموم الفطرية من مجموعة الترايكوثسينات هي ما يلي:

1- تقنية كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC).

2- تقنية كروماتوغرافيا السائلة ذات الأداء العالي (HPLC) .

3- تقنية كروماتوغرافيا الغاز (GC) .

4- تقنية الفحوصات المناعية المعتمدة على النشاط الإشعاعي (RIA) .

5- تقنية الفحوصات الأنزيمية المتخصصة (الإليزا ELISA) .

6- تقنية الفحوصات الحيوية (فحص الجلد) .

وتصلح هذه الطرق للتقدير الكمي والتشخيصي لمجموعة الترايكوثسينات في كل من الحبوب، الأغذية الجاهزة ، الحليب ، المواد العلفية الأولية ، بلازما الدم ، الدم، البول . وبالإمكان الكشف عن وجود كميات ضئيلة جداً من هذه المركبات باتباع الطرق المشار إليها أعلاه ، إذ تتراوح دقة الكشف عن وجود الترايكوثسينات بمستويات تتراوح ما بين (0.0005-1) مايكروغرام/غرام من المادة المراد فحصها

ويعتمد الحد الأدنى الممكن التحري عن وجوده على طبيعة ونوعية الطرق المستخدمة في الفحص.

إنتاج الترايكوثسينات من الأعفان :

إن الغالبية العظمى من مجموعة الترايكوثسينات يتم إنتاجها من قبل أنواع الأعفان من جنس الفيوزاريوم، ويعتمد إنتاج هذه المركبات السامة بطبيعة الحال على عدد من العوامل لعل أهمها ما يلي:

1-الوسط الغذائي .

2- درجة الحرارة البيئية .

3- الرطوبة النسبية وغيرها من العوامل البيئية الأخرى.

وتجدر الإشارة إلى أن كل من فئات مجموعة الترايكوثسينات (أ ، ب) تنتجها سلالات مختلفة من جنس الفيوزاريوم ، أما الفئة (ج) فتنتج من قبل عدد محدود من أنواع الأعفان ، أما الفئة (د) فتنتجها سلالات أخرى من غير جنس الفيوزاريوم (الجدول 3-7).

إن الأعفان التي تعود إلى جنس الفيوزاريوم واسعة الانتشار في معظم البيئات السائدة في مختلف مناطق العالم . وقد تم إلى الوقت الحاضر تشخيص أكثر من (50) نوعاً مختلفاً من هذه الأعفان تتواجد في التربة ، ويوجد العديد منها التي لها القدرة على إحداث مختلف الإصابات المرضية في المحاصيل الزراعية مثل مرض الذبول ، اللفحة والتعفن الوردي في الذرة ، ولقد أصبح من الحقائق الثابتة عبر السنوات القليلة الماضية أنه كلما تم العثور على إحدى سلالات الفيوزاريوم المنتجة للترايكوثسينات متطفلة على محصول زراعي معين أو مادة غذائية بشرية أو أعلاف حيوانية ، فهذا يعني بدون شك العثور على سموم هذه الأعفان في الأوساط آنفة الذكر ، ويمكن عندئذٍ اختيار الطريقة المناسبة للتحري عن وجود هذه السموم وتحديدها كمياً.

الجدول (3-7) : العلاقة ما بين نوع العفن والترايكوثسينات التي ينتجها.

نوع الترايكوثسينات	نوع العفن المنتج له
الفئة (أ) : T-2 , HT-2 , DAS , NS	*F.tricinctum* *F.sporotrichioides* *F.poae*

DAS	F.acuminatum F.equiseti F.semitectum
الفئة (ب) :	
3Ac-DON , DON , NIV, F-X	*F.graminearum* *(Gibberella zeae)*
DON , 3-Ac DON	*F.culmorum*
Trichothecin	*Trichothecium roseum*
الفئة (جـ) :	
Baccharin	*Baccharis megapotamica*
الفئة (د) :	
Roridin A,D,E	*Mycothecium roridum*
Verrucarin J	*Mycoyhecium verrucaria*
Satratoxin G,H	*Stacchybotrys atra*

5 - الأرجوت:

الأرجوت (Ergot) هي كلمة فرنسية تعني المهماز في رجل الديك ، وتستخدم كمصطلح عامي لوصف الأجسام الحجرية التي تنتجها أنواع الأعفان من الجنس *Claviceps* وبالذات النوع *Claviceps purpurea* . يصيب العفن المذكور الأجزاء الزهرية من المحاصيل الزراعية ويحل محل هذه الأجزاء الزهرية أجسام حجرية يتراوح طولها ما بين (2-20ملم) وهي محدودبة المظهر ولها لون داكن يكون في الغالب بنفسجي مائل للسواد ، تحتوي الأجسام الحجرية المذكورة على عدد كبير من القلويدات الفعالة حيوياً ، كذلك تكون حاوية على الأحماض الأمينية ، الكربوهيدرات ، الدهون والصبغات . وعند تناول هذه الأجسام الحجرية من قبل الإنسان أو الحيوانات الزراعية فإنها تحدث حالات تدعى التسمم الأرجوتي .

إن قلويدات الأرجوت التي تم إلى يومنا هذا تشخيصها وعزلها بلغت زهاء (40) نوعاً مختلفاً منها وقد تم عزل هذه المركبات من الأجسام الحجرية التي تنتجها أعفان الجنس *Claviceps* وتعد جميعها من مشتقات حامض الليسرجيك ، ويمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما مبين في أدناه:

المجموعة الأولى :

وهي من مشتقات حامض الليسرجيك (Lysergic acid) مثل الأيرجوتامين.

المجموعة الثانية :

وهي من مشتقات حامض الأيزوليسرجيك مثل الأيرجوتامنين.

المجموعة الثالثة :

وهي من مشتقات الأيرجولين ثنائي المثيل (الكلافينات) مثل الأكروكلافين.

وتتباين الصفات الكيمياوية والفيزياوية لهذه المركبات تبعاً للمجموعة التي تنتمي إليها، الجدول (3 -8) .

الجدول (3-8) : الصفات الفيزياوية والكيمياوية للمجاميع المختلفة من قلويدات الأرجوت.

نوع الأيرجولين	التركيب الجزيئي	درجة الانصهار درجة مئوية
<u>المجموعة الأولى :</u>		
ergotamine	C33H35O5N5	180
x-ergocryptine	C32H41O5N5	214 - 212
ergocristine	C35H39O5N5	175 - 160
ergosine	C30H37O5N5	230 - 220
ergocornine	C31H39O5N5	184 - 182
ergometrine	C19H23O2N3	162
<u>المجموعة الثانية:</u>		
ergocristinine	C35H39O5N5	226
ergometrinine	C19H23O2N3	196
ergosinine	C30H37O5N5	228
ergocorninine	C31H39O5N5	228
-ergocryptinine α	C32H41O5N5	243 - 240
ergotaminine	C33H35O5N5	243 - 241

المجموعة الثالثة:		
agroclavine	$C_{16}H_{18}N_2$	206
elymoclavine	$C_{16}H_{18}ON_2$	249
chanoclavine	$C_{16}H_{20}ON_2$	222
penniclavine	$C_{16}H_{18}O_2N_2$	222
setoclavine	$C_{16}H_{18}ON_2$	234 - 229

طرق التحليل للأرجوت وقلويدات الأرجوت:

1 - الأرجوت :

تحتوي الأجسام الحجرية (Sclerotia) للأعفان من جنس *Claviceps* على نسبة عالية من الكلسيريدات الثلاثية ، ولكن هناك عدد محدود من أنواع الأعفان المنتجة للأرجوت لها تركيب مميز من الأحماض الدهنية الذي يمكن على أساسه توفير الوسيلة المناسبة للتشخيص . غير أن الأجسام الحجرية التي ينتجها العفن من نوع *C. purpurea* فريدة في صفاتها من حيث احتوائها على زهاء (30%) من الكلسيريدات الثلاثية من مجموع الحوامض الدهنية الموجودة في أجسامها الحجرية وهذا مما يسهل من عملية التحري عن وجود الأرجوت باستخدام تقنية كروماتوغرافيا الغاز السائل (GLC) ، وتصل دقة هذه الطريقة إلى الكشف عن مستويات من الأرجوت قد لا تزيد عن (0.3%) لكل (1-2غم) من المنتجات الغذائية.

2 - قلويدات الأرجوت :

تحتوي الأجسام الحجرية على زهاء (1%) من القلويدات الأرجوتية ، ولقد تم تطوير العديد من الطرق للتحري عن وجود هذه القلويدات ، ويتوقف نوع الطريقة المستخدمة تبعاً للمجموعة التي يتوقع العثور عليها في الوسط الغذائي ، وتعتمد هذه الطرق في أساسها على استخلاص هذه القلويدات باستخدام أنواع مختلفة من المذيبات العضوية والمحاليل الكيماوية الأخرى ، وبعد إكمال استخلاص وتنقية القلويدات يتم استخدام إحدى تقنيات الكروماتوغرافيا لغرض التقدير الكمي والتشخيص. كما تم تطوير طريقة الفحص المناعي المعتمد على النشاط الإشعاعي لغرض التحري عن بعض فئات قلويدات الأرجوت مثل

الأيرجوتامين وذلك من خلال استخدام الهيدروجين -3 المشع.

إنتاج الأرجوت من الأعفان :

إن الأجسام الحجرية هي عبارة عن تراكيب تكون فيها الهيفات مضغوطة بشكل كبير ، ويتم إنتاجها من قبل العديد من أجناس الأعفان . إن الأجسام الحجرية التي تنتجها الأنواع التابعة للجنس *Claviceps* تنفرد بتميزها من حيث كبر حجمها (يصل طولها إلى بضعة سنتمترات) ولونها المتميز مقارنة بالأجسام الحجرية من الأنواع الأخرى . تتطفل الأجناس المنتجة للأرجوت على العائلة النجيلية حيث تعد العائل الوحيد لهذه الأعفان، وتشمل هذه العائلة محاصيل الحبوب مثل القمح ، الشعير، الرز، الذرة الصفراء، الدخن ، الشيلم ، الذرة البيضاء. وهذه جميعها يمكن للجنس *Claviceps* التطفل عليها وإنتاج الأرجوت.

يتعرض الإنسان والحيوان الزراعي للتسمم بالقلويدات التي تحتويها الأجسام الحجرية التي تنتجها أنواع الأعفان من النوعين *C. purpurea* و *C. fusiformis* كما يمكن أن تتعرض مختلف الحيوانات الزراعية للتسمم بالقلويدات التي تحويها الأجسام الحجرية التي ينتجها العفن من النوع *C. paspali* الذي ينمو على الأعشاب البرية التي ترعاها مثل هذه الحيوانات.

6 - الرايزونين : Rhizonin

وهو أحد المركبات الأيضية الثانوية السامة للعفن من نوع *Rhizopus* . وبالرغم من عدم سهولة التطرق إلى كافة المركبات الأيضية الثانوية التي ينتجها هذا النوع من الأعفان إلا أنه يمكن القول بأن ما تم اكتشافه من هذه المركبات إلى يومنا هذا بلغ (137) نوعاً مختلفاً ، وإن زهاء (50%) منها وجد أنها سامة بالنسبة لأفراخ البط.

إن مركب الرايزونين ينتج من قبل العفن من جنس *R.microsporus* ، وهو مركب حلقي ، ويوجد منه نوعين هما الرايزونين ـ A والرايزونين ـ B ، وقد توصل الباحثون حديثاً إلى تحديد شكل الصيغة الكيماوية التركيبية للرايزونين A. وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى الوقت الحاضر أن هذا المركب سام للحيوانات

المختبرية عند إعطائه لها بمستويات أقل بكثير من 70 ملغم /كغم من وزن الجسم الحي .

7 - الواليمينول: Walleminol

بالرغم من أن للعفن *Wallemia sebi* القدرة على النمو في أوساط ذات مدى واسع من الفعالية المائية (0.69-0.99)، ولكن بصورة خاصة يكون هذا العفن مصاحباً للتلف الحاصل في الأغذية ذات الفعالية المائية الواطئة مثل المعجنات ومنتجات الحبوب الأخرى ، السمك المجفف أو السمك المملح ، الفواكه المجففة والمربيات.

من خلال دراسة مسحية حديثة حول سمية العديد من أنواع الأعفان المعزولة من مختلف الأغذية ، باستخدام مختلف الطرق الحيوية للتحري عن السمية ، وجد أن هناك عزلات عديدة من العفن *Wallemia* لها القدرة على إنتاج مركبات لها تأثيرات سمية في الكائنات الحية المستخدمة في الدراسات المختبرية الخاصة بهذا المجال.

من المركبات التي تنتجها سلالات هذا العفن ، تم حديثاً عزل وتنقية مركب حلقي وتحديد صيغته التركيبية ($C15H24O2$) ، ولا زالت الدراسات مستمرة لغرض التوصل إلى فهم أعمق لهذا المركب من حيث خواصه ، نشاطه وتأثيره في مختلف الفعاليات الحيوية لأجسام الكائنات الحية.

نظراً لأن العفن *Wallemia sebi* يكون مستعمرات بنية داكنة صغيرة الحجم ، والتي من السهولة أن يطغى عليها نمو مستعمرات الأنواع الأخرى من الأعفان في معظم الأوساط الغذائية التقليدية المستخدمة في مختبرات الأحياء الدقيقة لأغراض الزرع والإكثار ، عليه فإن غالباً ما يفوِت ذلك الفرصة على الباحثين للتعرف على وجود هذا العفن في الأغذية التي يتم فحصها . وفي ضوء ذلك نشط الباحثون في محاولات التوصل إلى تركيب وسط غذائي متخصص لدراسة الأعفان المحبة للجفاف ، ومما لا شك فيه أن نجاح العلماء في التوصل إلى تصنيع مثل هذه الأوساط الغذائية سوف يساعد في التوصل إلى إدراك أكثر عمقاً للسلوك الحيوي للأعفان المحبة للجفاف ودراستها بشكل أكثر تفصيلاً ، خاصة في الأغذية الجافة سواء تلك المستخدمة للغذاء البشري أو لصناعة العلف الحيواني التي كانت تعد سابقاً من المواد المستقرة من الناحية المايكروبايولوجية.

الفصل الرابع
الحدوث الطبيعي للسموم الفطرية في المنتجات الزراعية ومشتقاتها

المقدمة:

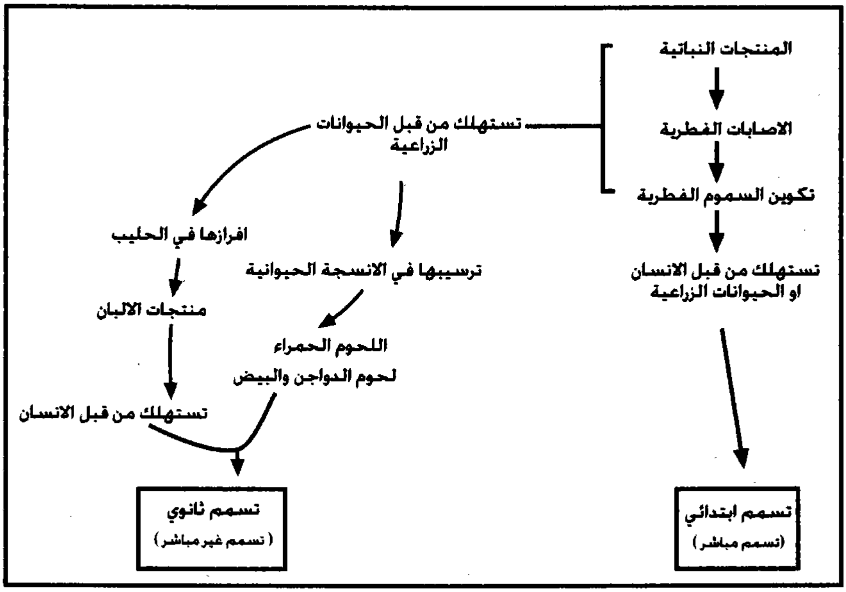
من الممكن دخول السموم الفطرية إلى سلسلة النظام الغذائي لكل من الإنسان والحيوانات الزراعية من خلال مسارين رئيسيين هما :

1- التلوث غير المباشر:

يمكن أن يحدث التلوث غير المباشر للأغذية البشرية والمواد العلفية الحيوانية عندما تتعرض مادة أولية خام أو أي محصول زراعي للتلوث المسبق بالسموم الفطرية الناجم عن نمو الأعفان المنتجة لهذه السموم على هذه المادة أو ذلك المحصول ابتداء من وجود النبات في الحقل وانتهاءً بالمراحل النهائية لتصنيع المنتج وإعداده للاستهلاك، وبالرغم من أن العمليات التصنيعية تعمل على إزالة أو قتل العفن من المادة التي يجري تصنيعها، غير أنه في الغالب تتبقى السموم التي تنتجها الأعفان مع المنتج النهائي . إن هذا النوع من التلوث للحبوب والبذور الزيتية يمثل المدخل الرئيسي للعديد من السموم الفطرية إلى سلسلة الغذاء البشري وأعلاف الحيوانات الزراعية من اللبائن ، الدواجن والأسماك (الشكل 4-1).

2- التلوث المباشر :

في هذه الحالة يتعرض المنتج النهائي المعد للاستهلاك المباشر لغزو الأعفان التي تبدأ لاحقاً بتكوين السموم وإفرازها في مثل هذا المنتج ، وينجم مثل هذا التلوث في الغالب إما بسبب تلوث البيئة الشديد بالأعفان أو نتيجة لسوء إدارة عمليات إعداد المنتج وتصنيعه.



الشكل (4-1) : مخطط يوضح المسارات المختلفة للتعرض للسموم الفطرية.

إن جميع أنواع الغذاء البشري والمواد العلفية الأولية يمكن أن تكون عرضة لنمو الأعفان عليها بشكل أو بآخر في مراحل إنتاجها ، تصنيعها ، نقلها أو خزنها . إن تلوث الأغذية البشرية المصنعة أو الأعلاف الحيوانية الجاهزة بالأعفان يقود دائماً إلى استبعاد مثل هذه المنتجات من سلسلة الغذاء البشري أو الحيواني في البلدان المتقدمة . ولكن على أية حال ، ليس من الممكن تطبيق نفس الأسلوب بشكل عام في غالبية الدول النامية ، أو ما يسمى بدول العالم الثالث ، وإن الأغذية المتعفنة مثل الحبوب غالباً ما تكون جزء من طبق الغذاء اليومي التقليدي للسكان في مثل هذه البلدان . ففي بعض المناطق الأفريقية التي يسود فيها انتشار سرطان الكبد بشكل واسع ، فإن الملفت للنظر بهذا الخصوص هو العثور على سموم الأفلا وسموم أعفان الفيوزاريوم بشكل منتظم في عينات الأغذية التي تستخدم الحبوب في إعدادها . ولكن مما لا شك فيه أن تطبيق قواعد الصحة العامة في الغذاء والتغذية سوف يعمل على الحد من وجود السموم الفطرية بشكل فعال فيها . أما وجود السموم الفطرية في أنسجة الحيوانات الزراعية مثل العضلات، الكلية أو الكبد ، أو منتجاتها مثل الحليب أو البيض يمكن أن يكون ناجماً عن استهلاك هذه الحيوانات لأعلاف ملوثة أصلا بالسموم الفطرية مما يؤدي إلى انتقالها إلى هذه

الأنسجة أو المنتجات الحيوانية .

من الناحية العملية ، إن جميع المواد الأولية الخام التي سيكون مصيرها إما لإنتاج الغذاء البشري أو العلف الحيواني ، لا تنجو من التعرض في وقت ما خلال عمليات تداولها للإصابة بالأعفان المنتشرة في البيئة. وإن نوع وجنس العفن وشدة الإصابة به يكونان عاملان أساسيان في تحديد وجود السم الفطري أو غيابه من تلك المادة (الجدول 4-1).

الجدول (4-1) : المسارات المحتملة لتلوث الأغذية البشرية والأعلاف الحيوانية بالسموم الفطرية.

المسار المحتمل للتلوث	نوع المنتجات
الأغذية المعرضة للغزو الفطري المباشر	أ. المنتجات الزراعية : الحبوب ، البذور الزيتية ، الفواكه ، الخضراوات. ب. الأغذية البشرية الجاهزة للاستهلاك (إصابات ثانوية) ج. الأعلاف الحيوانية الجاهزة (إصابات ثانوية)
السموم المترسبة في الأنسجة الحيوانية ومنتجاتها.	اللحوم ، منتجات الألبان ، الحليب.
استخدام الأعفان لإنضاج بعض المنتجات الغذائية.	الأجبان ، منتجات اللحوم المخمرة ، منتجات التخمير الآسيوية.
منتجات التخمير.	البروتين أحادي الخلية ، الأنزيمات ، الإضافات الغذائية مثل الفيتامينات.

إن تشخيص نوع أو سلالة الأعفان الملوثة للمواد الغذائية يمكن أن يكون ذا قيمة في حالة حدوث الحالات الوبائية بالتسمم الفطري ، غير أنه لا يمكن التوصل إلى أي استنتاج إيجابي إلا بعد أن يتم استخلاص السم الفطري وتحديد هويته وذلك للأسباب التالية:

1- إن وجود العفن المنتج لأي نوع من أنواع السموم الفطرية لا يعني بالضرورة أنه قد أنتج سمومه داخل المادة المصابة بذلك العفن .

2- إن بعض سموم الأعفان تبقى في الغذاء بالرغم من عدم العثور على

العفن المنتج لها عند الفحص.

3- إن بعض الأعفان لها القدرة على إنتاج أكثر من نوع واحد من السموم .

4- إن السم الفطري الواحد يمكن أن تنتجه أجناس مختلفة من الأعفان .

ولكن على أية حال ، إن العثور على العفن المنتج للسموم الفطرية يعطي بلا شك مؤشرات إلى وجود نوع من الخطورة التي يجب اتخاذ الاحتياطات الواجبة تجاهها لغرض معالجتها أو الحد من تأثيرها آنيا أو مستقبلاً.

تلوث المحاصيل الزراعية بالأعفان وسمومها:

سبق وإن أشرنا إلى أن المحاصيل الزراعية على اختلاف أنواعها تكون عرضةً للإصابة بالأعفان وتلوثها بسمومها في مرحلة ما من مراحل دورة حياتها خلال نموها في الحقل مروراً بعمليات الحصاد، جمع الحاصل، خزنه وإلى حين وصولها إلى المستهلك . وفيما يلي استعراضاً لأكثر المحاصيل الزراعية عرضة للإصابة بهذه الأعفان وتلوثها بالسموم التي يتم تكوينها لاحقاً.

1- المكسرات والبذور الزيتية :

إن المكسرات (Nuts) مثل الفستق ، البندق ، اللوز ، جوز البيكان وغيرها ، والبذور الزيتية مثل فستق الحقل ، بذور القطن تعد من أكثر المنتجات التي حظيت بقسط وافر من الدراسات المستفيضة مقارنة بما هو عليه الحال في السلع الزراعية الأخرى التي لوحظ فيها حدوث السموم الفطرية ، وخاصة سموم الأفلا . ونظراً لارتفاع نسبة البروتين في مثل هذا النوع من المحاصيل الزراعية فقد أصبح على سبيل المثال فستق الحقل أو الكسبة المتخلفة منه بعد استخلاص الزيت أحد المكونات الرئيسة لأعلاف الحيوانات الزراعية ، وخاصة الدواجن ، وبالتالي فقد أدى ذلك إلى أن يصبح إنتاج فستق الحقل صناعة زراعية رئيسة في العديد من بلدان العالم التي تسود فيها الأجواء الدافئة الرطبة وذلك لتأمين احتياجات مثل هذه البلدان من هذه السلعة الزراعية فضلاً عن تصدير الفائض إلى البلدان النامية التي تشهد نمواً كبيراً في صناعة الأعلاف الحيوانية الجاهزة .

يحدث تلوث فستق الحقل أساسا في الحقل قبل الحصاد وكذلك بعد الحصاد وقلع النباتات وتركها للتجفيف الأولي للبذور . وتعد الأضرار

الميكانيكية ، الأضرار الناجمة عن الإصابات الحشرية وسقوط الأمطار خلال فترة التجفيف من العوامل المساعدة لتسهيل غزو العفن من جنس *A.flavus* للبذور ، وتشير الدراسات الإحصائية حول وجود سموم الأفلا في هذا المنتج الزراعي إلى أن هذا المركب السام واسع الانتشار فيه بكافة أرجاء العالم وبمستويات تثير الكثير من القلق ، خاصة وأن استخدامات فستق الحقل قد تعددت في الوقت الحاضر لأعداد شتى أنواع الغذاء البشري أو لصناعة العلف الحيواني.

كان الاعتقاد السائد لدى الباحثين في بدايات التعرف على مختلف مركبات سموم الأفلا أن التلوث بها هو مشكلة تقع ما بعد الحصاد نتيجة الخزن السيئ للسلع الزراعية ، ولكن تشير نتائج الدراسات الحديثة إلى أن العديد من المحاصيل الزراعية المهمة مثل فستق الحقل ، الذرة الصفراء وبذور القطن تتعرض للتلوث بهذا السم الفطري خلال مرحلة النمو الفعال للنبات في الحقل . لقد حظيت مسألة التأقلم البيئي للأعفان من نوعي *A.flavus* و *A.parasiticus* بالكثير من اهتمام الدارسين ، ولقد تبين حديثاً من نتائج هذه الدراسات أن العفن من نوع *A.parasiticus* متأقلم بشكل جيد للعيش في التربة ، وهو كثير السيادة في محصول فستق الحقل ، بينما تشير نتائج الدراسات آنفة الذكر إلى أن العفن من نوع *A.flavus* يبدو انه متكيف بشكل جيد للعيش في أجزاء النبات ذات النمو الفعال التي تمثلها الأجزاء الهوائية من النباتات مثل الأوراق والأزهار ، عليه فهو كثير الانتشار في الذرة الصفراء ، بذور القطن وأشجار المكسرات والنقل مثل أشجار الفستق واللوز والجوز وغيرها ، وتشير نتائج التحليل الكيماوي الحيوي للعزلات المتحصل عليها من نوعي العفن آنفي الذكر إلى أن العفن من نوع *A.parasiticus* يقوم بإنتاج سموم الأفلا من الأنواع M1و G2 و G1و B2 و B1 أما العفن من نوع *A.flavus* فيقوم بإنتاج سموم الأفلا من نوعي B2 و B1 فقط . وتنعكس هذه القدرة على إنتاج السموم لكل نوع في طبيعة المركبات السمية التي يتم العثور عليها عند تحليل مختلف السلع الزراعية التي يمكن أن تتعرض للتلوث بالأعفان آنفة الذكر ، ففي أكثر من (90%) من عينات الذرة الصفراء الملوثة يتم عادة العثور على سموم الأفلا من النوعين B2و B1 فقط ، بينما الغالبية العظمى من عينات فستق الحقل الملوثة تكون حاوية على سموم الأفلا من نوعي G و B .

إن حدوث سموم الأفلا في فستق الحقل ومستواها في المحصول المذكور تتباين بشكل واسع من موقع جغرافي لآخر (جدول 4-2) ، ففي إحدى الدراسات

الميدانية ، وجد أن أعلى مستوى للتلوث بسموم الأفلا لوحظ في عينات من فستق الحقل تم الحصول عليها من الهند ، غامبيا ، الملاوي ، بينما عثر على المركبات السمية المذكورة بمستويات أقل في عينات من ذات المحصول تم الحصول عليها من البرازيل ومصر . وحتى في بعض الأحيان يحصل تلوث غير قليل لهذا المنتج الزراعي المهم في بعض الدول المتقدمة مثل أمريكا الشمالية . وفي كل من نيجيريا وأستراليا تعاني زراعة محصول فستق الحقل من مشكلة التلوث بسموم الأفلا التي يتكرر حدوثها بين حين وآخر خاصة عندما يتزامن موسم الحصاد مع سقوط الأمطار.

الجدول (4-2) : حدوث سموم الأفلا في بذور فستق الحقل في مناطق مختلفة من العالم.

بلد المنشأ	عدد النماذج المفحوصة	عدد العينات المحتوية على مستويات مختلفة من سموم الأفلا بمقياس مايكروغرام/ كغم *.								
		صفر**	1-10	11-30	31-50	51-100	101-200	201-300	301-400	أكثر من 400
البرازيل	2 ***	.	.	.	2	.	.	.	.	.
مصر	2	1	.	.	.	1	.	.	.	.
غامبيا	5	.	2	1	1	.	.	.	.	1
الهند	35	18	2	2	2	6	3	1	.	1
ملاوي	53	27	9	8	2	5	1	1	.	.
جنوب أفريقيا	6	6	.	.	.	.	.	.	.	.
أمريكا الشمالية	56	43	7	2	3	.	1	.	.	.

* وزن العينة المأخوذة 20 كيلوغرام لكل شحنه وزنها 20 طن.

** لم يتم العثور على سموم الأفلا عند القياس على مستوى **0.5** مايكروغرام/كغم .

*** سم الأفلا الذي تم العثور عليه في أغلب الحالات هو المركب من النوع B1

وفي ضوء ذلك قامت العديد من البلدان بسن التشريعات والقوانين التي تمنع

استيراد فستق الحقل أو تحد من الكميات المستوردة بشكل كبير لأغراض العلف الحيواني . من جهة أخرى ،يلاحظ أيضا وجود مستويات متباينة من التلوث بسموم الأفلا في زبدة فستق الحقل المعدة لأغراض الاستهلاك البشري ، حيث وجد أن بعض العينات تحتوي على مستويات تصل إلى ما بين (500-1530) مايكروغرام/كغم ، وأن أعلى مستوى لسموم الأفلا تم العثور عليه في هذا المنتج وصل إلى (8600) مايكروغرام/كغم مما يشير إلى أهمية القيام بفحص فستق الحقل المستخدم لإعداد هذا النوع من الأغذية للتأكد من خلوه من سموم الأفلا قبل التصنيع.

أما بالنسبة للأنواع الأخرى من المكسرات ، فإن الفستق البرازيلي يعد النوع الوحيد الذي شوهد فيه حدوث سموم الأفلا بشكل منتظم ، بينما وجد أن كل من البندق ، الجوز ، اللوز خالية من التلوث بهذه المجوعة من المركبات السمية ، ويعزى سبب ذلك في الغالب إلى طبيعة تركيب القشرة الخارجية وطريقة الحصاد لهذا النوع . ونظراً للاستخدام الواسع لهذه المكسرات في صناعة الحلويات فإنها تخضع لفحوصات التحري عن وجود سموم الأفلا بشكل مكثف قبل السماح باستخدامها في مثل هذا النوع من الصناعات الغذائية الواسعة الانتشار.

من الممكن ملاحظة وجود مستويات واطئة من كل من سموم الأفلا والأوكرا من النوع -Aفي بذور الكاكاو الخام أو المحمصة أو منتجاتها الخام الأخرى ، ولكن لم يلاحظ وجود سموم الأفلا في الكاكاو المستخدم في صناعة شراب الكاكاو الساخن (الشكولاته) . كما لوحظ وجود سم الأوكرا من النوع -A بمستويات واطئة في حبات البن الطازجة ، غير أنه لم يعثر عليه في منتجات البن التجارية نظراً لتدميره خلال عمليات التحميص.

إن تلوث بذور القطن بسموم الأفلا يعد مشكلة رئيسية على المستوى الدولي ، حيث تشير نتائج فحوصات التحري عن وجود هذه المركبات السامة إلى احتواء هذه البذور على مستويات منها تراوحت ما بين (200000-300000) مايكروغرام/كغم . ويحدث معظم هذا التلوث في الحقول وينجم عن مجموعة من العوامل المترابطة لعل أهمها :

*- ارتفاع درجات الحرارة البيئية .

*- ارتفاع درجة الرطوبة النسبية .

*- الأضرار الميكانيكية التي تتعرض لها زهرات القطن قبل وبعد التجفيف .

ولكن عند تصنيع بذور القطن الملوثة بسموم الأفلا لغرض استخراج الزيوت فإن الجزء الأكبر من هذه المركبات يتم تركيزه في الكسبة المتبقية بعد استخراج الزيت ، وعند استخدام مثل هذه الكسبة لأغراض صناعة العلف الحيواني فإنه من الممكن حدوث حالات خطيرة من التسمم نتيجة استهلاك مثل هذه الأعلاف من قبل الحيوانات الزراعية على اختلاف أنواعها. ولكن من الممكن تعرض الإنسان لسموم الأفلا في الأقطار التي يكثر فيها الاستهلاك المباشر للزيوت الخام المستخلصة من بذور القطن وفستق الحقل .

من النادر حدوث تلوث لمحصول فول الصويا أو المنتجات المشتقة منه بسموم الأفلا في الدول المتقدمة مثل أمريكا الشمالية ، ولكن لوحظ وجود مستويات متباينة من هذه المركبات السمية في محصول فول الصويا أو مشتقاته المنتجة في بعض البلدان مثل بعض دول أفريقيا أو جنوب شرق آسيا حيث لوحظ وجود سموم الأفلا في كل من بذور وطحين الصويا الخام . ولكن لم يتم العثور على أي كميات من سم الأوكرا من النوع A- في بذور الصويا المخمرة . وقد تم حديثاً العثور على سموم الأفلا في بذور زهرة الشمس المخزونة ، حيث كان الاعتقاد السائد هو خلو هذا النوع من البذور الزيتية من مثل هذه المركبات الفطرية السامة.

2– عصير الفواكه :

إن حدوث سم الباتولين في الفواكه المتعفنة معروف بشكل واسع ، وبمستويات يمكن أن تصل إلى عدة مئات من المايكروغرامات لكل كيلوغرام من العصير المستخلص من مثل هذه الفواكه وخاصة عصير التفاح . وفي الغالب يلاحظ حدوث مثل هذا التلوث في عصير التفاح وبعض الحمضيات مثل الليمون الهندي . ولكن من النادر العثور على مركب الباتولين السمي في عصائر البرتقال ، المخللات ، الصلصات المحضرة من الفواكه وعدد آخر من منتجات الفواكه . ومن الممكن حدوث هذا المركب السام في السايلج المحضر بطريقة غير دقيقة . من جهة أخرى ، تشير نتائج بعض الدراسات الحديثة إلى العثور على مركبات مجموعة سموم الأفلا في التين المجفف.

3– الحبوب:

من الممكن أن يحدث نمو الأعفان في الحبوب ابتداء من مرحلة النمو في

الحقل ، مروراً بفترة الخزن وبعد التصنيع إلى منتجات لأغراض الاستهلاك البشري أو صناعة العلف الحيواني . إن الحبوب الصغيرة (الذرة البيضاء ، الشعير ، الشوفان ، القمح ، الشيلم والرز) إذا لم يتم تداولها بشكل سيء خلال مرحلة الخزن أو أثناء وبعد التصنيع إلى منتجات استهلاكية فإنها تبدو أقل عرضة لتكوين السموم الفطرية فيها مما هو عليه الحال في الحبوب الكبيرة مثل الذرة الصفراء . وتشير المعلومات المتوفرة إلى أن حدوث التلوث المنتظم بسموم الأفلا غالباً ما يكون مصاحباً للمراتب الدنيا من الحبوب التي لا تستخدم عادة في سلسلة الغذاء البشري في الدول المتقدمة . ولكن مما يؤسف له إن الحال ليس هكذا في الدول النامية حيث يتم تصدير الحبوب ذات المواصفات النوعية العالية لأغراض الاستهلاك في الدول المتقدمة ، وما تبقى يتم استهلاكه من قبل السكان المحليين مما يجعلهم ضحية لهذه المركبات السمية.

إن السموم الفطرية الرئيسية ، التي غالباً ما يتم إثبات وجودها من خلال فحوصات التحري عن هذه المركبات في الحبوب ، تشمل : سموم الأفلا ، سم الأوكرا من النوع -A ، الستيريكماتوسستين ، الزيرالينون ، سم T-2، والفوميتوكسين ، ويتباين مدى حدوث مثل هذه المركبات السامة وتركيزها تبعاً للظروف البيئية السائدة في وقت الحصاد ، وأثناء النقل وأخيرا خلال فترة الخزن.

يتم تكوين العديد من السموم الفطرية في الحبوب خلال مرحلتي نمو النبات ونضجه في الحقل ، وكان الاعتقاد السائد سابقاً أن تكوين سموم الأفلا يكون محصوراً في المحاصيل الزراعية المخزونة ، لكن تبين حديثاً أن العفن من نوع *A.flavus* يمكن أن يحدث في بعض المحاصيل الزراعية مثل : فستق الحقل ، الذرة الصفراء ، بذور القطن قبل وخلال الحصاد . وبالرغم من أن الأضرار الناجمة عن الإصابات الحشرية تعد من أهم الأسباب المسهلة لدخول الأعفان المنتجة للسموم إلى الأنسجة النباتية ونموها داخلها ، إلا أنه تم حديثاً تشخيص العديد من العوامل الأخرى المشجعة لنمو العفن داخل النبات ومن أهم هذه العوامل : عوامل الاجهاد التي يتعرض لها النبات خلال فترة نموه في الحقل، الأضرار الميكانيكية الناجمة عن عمليات الحصاد وتداول المحصول، نقص العناصر المعدنية في التربة ، والموجات الحرارية المفاجئة التي تأتي في غير وقتها الطبيعي.

لقد أثبتت فحوصات التحري عن السموم الفطرية العثور على سموم الأفلا بشكل منتظم في محصول الذرة الصفراء في مختلف أرجاء العالم ، ومن الأمثلة

على ذلك، حدوث موجة وبائية لانتشار هذا السم الفطري في محصول الذرة الصفراء في أمريكا الشمالية عام (1983) وكان ذلك مصاحباً لحدوث موجة من الجفاف تبعتها حدوث إصابات حشرية شديدة للمحصول المذكور . وقد لوحظ أيضا أن (80%) من حالات التعرض لمجموعة مركبات سموم الأفلا بين البشر في أمريكا الشمالية تكون متأتية من استهلاك الأغذية المصنعة سواء من الذرة الصفراء أو المنتجات المشتقة منها . فضلاً عن ذلك تم العثور على مستويات مختلفة من سم الأوكرا من النوع A- في العديد من المحاصيل الزراعية (الذرة الصفراء ، القمح ، الشوفان ، الشيلم ، وخصوصاً الشعير) المنتجة في العديد من البلدان الواقعة في مختلف بقاع العالم (الجدول 4-3) .

إن الأعفان من أنواع الفيوزاريوم والسموم المصاحبة لها ، الزيرالينون والترايكوثسينات ، يسود نموها في أطوار النمو الفعال للعديد من محاصيل الحبوب . وإن مسألة نمو هذه الأعفان واستمرارها في إنتاج السموم بعد الحصاد وأثناء خزن الحاصل احتمال ضئيل الحدوث . إن أنواع عفن الفيوزاريوم الاعتيادية تهاجم وتتطفل على الحبوب أثناء فترات سقوط الأمطار الغزيرة ، وتتكاثر على الحبوب التي لم يتم تجفيفها بسبب ارتفاع درجة الرطوبة النسبية في البيئة عند الحصاد ، أو تنمو على الحبوب المخزونة وهي رطبة .

الجدول (4-3) : الحدوث الطبيعي لسم الأوكرا من النوع A- في المواد الغذائية والأعلاف الحيوانية النباتية الأصل.

نوع السلعة الزراعية	بلد المنشأ	نسبة العينات الملوثة من العينات المفحوصة %	مستوى سم الأوكرا من النوع A مايكروغرام / كغم
الأغذية البشرية :			
الذرة الصفراء	أمريكا الشمالية	1.0	166 - 83
الذرة الصفراء	فرنسا	2.6	200-15
القمح الشتوي	أمريكا	1.0	115 - 5

	الشمالية		
الشعير (صناعة البيرة)	الدنمرك	6.0	189 - 9
الشعير (صناعة البيرة)	أمريكا الشمالية	12و6	29 - 10
حبات القهوة	أمريكا الشمالية	7و1	360 - 20
الذرة الصفراء	يوغسلافيا	8.3	140 - 6
القمح	يوغسلافيا	8.5	135 - 14
الشعير	يوغسلافيا	12.5	27 - 14
الشعير	جيكوسلوفاكيا	2.1	3800
الخبز الجاهز	بريطانيا	2.0	710
الدقيق	بريطانيا	28.5	2900 - 90
الرز	اليابان	100.0	430 - 230
الباقلاء	السويد	8.5	442 - 10
البازيلاء	السويد	2.8	10
الأعلاف الحيوانية : الشعير ، الشوفان ، الشليم ، الذرة	بولندا	5.3	200 - 50
الأعلاف الجاهزة	بولندا	4.9	50 - 10
الذرة الصفراء	يوغسلافيا	25.7	5125 - 45
الشعير ، الشوفان	كندا	56.3	27000 - 30
الشعير ، الشوفان	الدنمارك	57.6	27500 - 28

وتحت الظروف الاعتيادية فإن بدء تكوين مركب الزيرالينون واستمرار إنتاجه بمستويات عالية يتطلب درجات حرارية واطئة (12- 14 0 م) ، وقد تم العثور على هذا المركب السام في محاصيل الحبوب والأعلاف الحيوانية في مناطق عديدة من العالم (الجدول 4-4) وذلك عند إجراء فحوصات التحري عن السموم الفطرية

عقب حدوث ثورات مرضية مفاجئة من التسمم بهذه المركبات . وهناك دلائل قوية تشير إلى أن العثور على مركب الزيرالينون في محاصيل الحبوب يعني أن هناك احتمالاً كبيراً لوجود أنواع أخرى من السموم الفطرية التي تنتجها أنواع مختلفة من عفن الفيوزاريوم.

الجدول (4-4) : الحدوث الطبيعي لمركب الزيرالينون في مختلف السلع الزراعية.

نوع السلعة الزراعية	البلد	مستوى السم الفطري ملغم/كغم
الدريس	إنكلترا	14.0
علف حيواني جاهز	فنلندا	25.0
الذرة الصفراء	فرنسا	2.3
علف حيواني جاهز	أمريكا الشمالية	2900-0.1
الذرة الصفراء	يوغسلافيا	18
الشعير	سكوتلندا	0.75-0.5
الذرة الصفراء	أمريكا الشمالية	1.5-0.5
الذرة الصفراء	إنكلترا	306.0
السايلج	أمريكا الشمالية	87.3
علف حيواني جاهز	يوغسلافيا	0.5

إلى وقت قريب كانت المعلومات المتوفرة حول حدوث تلوث الحبوب بالترايكوثسينات محدودة جداً ، ويعزى ذلك إلى أن الطرق التحليلية المناسبة للتحري عن هذه المركبات لم تتوفر إلا حديثاً . وقد تم تأكيد حدوث أربعة أنواع من الترايكوثسينات في الحبوب (**الجدول 4-5**) ، وإن حدوثها كان بشكل واسع في المناطق المعتدلة الرطبة من العالم مثل اليابان ، شمال أوربا ، وبعض مناطق شمال أمريكا وكندا.

الجدول (4-5) : تلوث الحبوب بالترايكوثسينات في مختلف أقطار العالم.

نوع السلعة	البلد	نوع مركب	مستوى السم

الزراعية		الترايكوثسين	الفطري ملغم / كغم
الذرة الصفراء	أمريكا الشمالية	T-2	2.0
علف حيواني جاهز	أمريكا الشمالية	T-2,DAS	1.8-04.
القمح	فنلندا	vomitoxin T-2	0.05-0.01
الذرة الصفراء	النمسا	vomitoxin	7.9-1.3
القمح	بريطانيا	vomitoxin	0.09
القمح	اليابان	vomitoxin	62.3
الشعير	اليابان	nivalenol	71.5
الذرة الصفراء	جنوب أفريقيا	vomitoxin	7.4-0.25

ومن الممكن حدوث أنواع أخرى من السموم الفطرية في مختلف محاصيل الحبوب والأعلاف الحيوانية الخضراء، وان استهلاك مثل هذه المحاصيل من قبل الحيوانات الزراعية سواء كأعلاف مركزة أو عن طريق الرعي المباشر يمكن أن يتسبب في حدوث أعراض مرضية خطيرة جداً وربما ينتهي الأمر بهلاك نسبة عالية من هذه الحيوانات . ومن الأمثلة على مثل هذه المركبات السامة : مركبات السبوريدزمينات (sporidesmins) التي ينتجها العفن *Pithomyces chartarum* الذي يكثر انتشاره في نيوزيلندا ، استراليا وبعض مناطق أمريكا الشمالية ويسبب استهلاكه إصابة الأغنام بأكزيما الوجه عند تعرضها للضوء الطبيعي.

وكذلك تحدث من حين لآخر حالات من التسمم الأرجوتي نتيجة استهلاك الأعشاب الخضراء البرية الملوثة بالأجسام الحجرية الحاوية لقلويدات الأرجوت . ولكن من النادر جداً حصول حالات من التسمم الأرجوتي بين البشر في الوقت الحاضر . كما تم في بعض الحالات تشخيص وجود مركبات التريمورجينات (Tremorgens)التي تنتجها بعض سلالات عفن البنيسيليوم على عدد من محاصيل الحبوب وبعض أنواع الخضراوات.

فضلاً عن ذلك كله ، فإن تلوث الحبوب بالسموم الفطرية يشكل خطراً قائماً

بالنسبة للأشخاص العاملين في صوامع خزن الحبوب ، حيث تشير نتائج الدراسات الطبية الميدانية إلى العثور على مختلف أنواع السموم الفطرية في الغبار المتطاير في داخل الصوامع، ولعل أهمها هو العثور على مركب سم الأفلا من النوع B1في أنسجة الرئة للأشخاص العاملين في مثل هذه الأماكن.

4- جوز الهند :

يتعرض هذا المنتج للتلوث بمركبات مجموعة سموم الأفلا بشكل واسع نظراً لتوفر الظروف البيئية المناسبة في مناطق إنتاجه التي تعمل على تشجيع نمو الأعفان وبالتالي إنتاجها للسموم الفطرية . ويتعرض جوز الهند أو الكسبة المتخلفة منه بعد استخلاص الزيت إلى التلوث بهذه المركبات السامة على حد سواء . وتتباين كمية السموم الفطرية من مجموعة سموم الأفلا التي يتم العثور عليها في هذه المنتجات من منطقة لأخرى ، وعموماً تشير نتائج التحري عن وجود هذه المركبات السامة إلى احتواء بعض العينات على آثار قليلة جداً بينما يمكن أن يصل مستوى سموم الأفلا في بعض العينات إلى زهاء (30) مايكروغرام/كيلوغرام.

5- التوابل :

من النادر العثور على أي كمية من سموم الأفلا في التوابل ولكن قد يحدث أحيانا احتواء بعض الأنواع الهندية منها ، مثل الفلفل الأحمر ، على مستويات واطئة جداً من مركبات هذه المجموعة قد لا تزيد عن (8) مايكروغرام/كيلوغرام أو أقل من ذلك بكثير.

6- الأعلاف الحيوانية الجاهزة :

غالباً ما تتعرض الأعلاف الحيوانية الجاهزة أو مكوناتها من مختلف المواد الأولية إلى سوء الإدارة خلال عمليات التصنيع أو الخزن أو في كلا المرحلتين بدرجة اكبر بكثير مما هو عليه الحال بالنسبة للأغذية المعدة للاستهلاك البشري . وتشير نتائج المسوحات الميدانية التي أجريت في العديد من بلدان العالم إلى أن إهمال هذا الجانب الحيوي هو مشكلة قائمة بحد ذاتها وبشكل مستمر . ومما يؤيد ذلك هو العثور على سم الأفلا من النوع B1 في نسبة عالية من عينات العلف الحيواني الجاهز التي تم فحصها ميدانياً ، فعلى سبيل المثال لا الحصر ، وجد أن (27%) من عينات العلف الجاهز البالغ عددها (700) عينة التي تم فحصها في إقليم الناتال بجنوب أفريقيا كانت حاوية على سم الأفلا الفطري من النوع B1 ،

وإن (64%) من العينات المفحوصة في أحد مناطق الخليج العربي كانت أيضا حاوية على السم المذكور.

وبصورة عامة تتباين شدة التلوث بسموم الأفلا بالنسبة للأعلاف الجاهزة أو مكوناتها من المواد العلفية الأولية من منطقة لأخرى في العالم وكذلك تبعاً لنوعية المواد الداخلة في تركيب خلطة العلف، ومدى اتباع الأسس السليمة في خزن هذه المواد. ففي بولندا على سبيل المثال وجد من فحص (306) عينة من العلف الحيواني الجاهز أن (12.7%) من هذه العينات كان ملوثاً بسموم الأفلا ، وإن (4.2 %) من مجموع العينات كانت حاوية على مستوى من سموم الأفلا يزيد عن (100) مايكروغرام/كغم ، وإن نسبة (2.6%) من العينات كانت حاوية على مستوى من هذا المركب السام يزيد عن (1000) مايكروغرام/كيلوغرام ، أما بالنسبة لمكونات الأعلاف الأولية فوجد أن أكثر المواد تلوثاً بسموم الأفلا كان فستق الحقل والكسبة المتبقية بعد استخلاص الزيت منه . من جهة أخرى وجد من دراسة مسحية ميدانية في ألمانيا أن عينة واحدة فقط من ستين عينة من الأعلاف الجاهزة كانت حاوية على سم الأفلا من النوع B1وبمستوى يزيد عن (20) مايكروغرام/ كيلوغرام، وفي الولايات المتحدة الأمريكية تبين من نتائج إحدى الدراسات الميدانية للتحري عن وجود سم الأفلا من النوع B1في الأعلاف الحيوانية أن زهاء (55%) من العينات التي تم فحصها كانت حاوية على هذا المركب السام بمستويات تقع ما بين (1-350) مايكروغرام/كيلوغرام ، وإن زهاء (92.4%) من العينات التي تم فحصها في ذات الدراسة كانت حاوية على المركب المذكور بمستويات لا تزيد عن (30) مايكروغرام/كيلوغرام.

تلوث المنتجات الحيوانية بالسموم الفطرية:

إن الحيوانات الزراعية الحلوبة التي تقوم باستهلاك الأعلاف الملوثة بسموم الأفلا من النوعين B1 أو B2 تفرز السم الفطري M1 أو M2 في الحليب المنتج . وإن نسبة تحول السم الفطري B1 إلى M1 هي 200 : 1.

لقد تم العثور على مركب M1 في الحليب المستخدم للأغراض التجارية في العديد من مناطق العالم (الجدول 4-6) ووجد أن مستواه يرتفع شتاء حيث يزداد استهلاك الأعلاف المركزة مقارنة بما هو عليه الحال صيفاً حيث تحصل الحيوانات على معظم غذائها من المراعي الغنية بمخاليط الأعلاف الخضراء.

الجدول (**6-4**) : حدوث سم الأفلا من النوع M1 في الحليب في مناطق مختلفة من العالم.

البلد	نسبة العينات الملوثة من العينات المفحوصة %	مستوى السم M1 مايكروغرام/لتر
جنوب أفريقا	23	0.2-0.02
ألمانيا (شتاء)	11	6.5-1.7
ألمانيا (صيفاً)	صفر	صفر
أمريكا الشمالية	63	أقل من 0.7
بلجيكا	62	0.2-0.02
الهند	61	صفر -13.3
هولندا (شتاء)	82	0.5-0.03
بريطانيا	31	0.52-0.03

ولقد قامت العديد من الدول المتقدمة بسن التشريعات الخاصة بمستويات سم الأفلا من النوع M1 المسموح بها في الحليب المتداول لأغراض الاستهلاك البشري ، ففي بريطانيا تسمح القوانين بوجود حد أعلى من هذا المركب الفطري السام في الحليب لا يزيد عن (0.1) مايكروغرام/لتر، أما في أمريكا فإن المستوى المسموح به لا يزيد عن (0.5) مايكروغرام / لتر.

ويؤدي إنتاج الحليب المجفف إلى زيادة مستوى تركيز مركب M1 في الناتج إلى ثمانية أضعاف مستواه في الحليب الطازج . وهذه مسألة تثير القلق خاصة بالنسبة لاستخدامات الحليب المجفف في تحضير أغذية الأطفال الرضع أو المثلجات وغيرها من الصناعات الغذائية الأخرى التي تعتمد على هذه المادة في تحضيرها.

وتشير نتائج الدراسات الميدانية إلى أن من أكثر المصادر المحتملة لوجود سم الأفلا من النوع B1 في الأعلاف الحيوانية هو استخدام كسبة بذور فستق الحقل وكسبة بذور القطن بشكل واسع في تحضير مثل هذه الأعلاف ، ولقد أدى حظر استخدام مثل هذه المخلفات الزراعية في صناعة الأعلاف المركزة إلى خفض مستوى السم الفطري M1 في الحليب بشكل كبير جداً في العديد من دول أوربا في السنوات الأخيرة ، ففي دراسة ميدانية في بريطانيا للفترة من عام 1977 إلى عام

1979 وجد أن (75%) من عينات الحليب المجفف كانت حاوية على مركب سم الأفلا من النوع M1 بمستويات تتراوح ما بين (0.1-0.8) مايكروغرام/كيلوغرام من الحليب المتحصل عليه أصلا من أبقار كانت تغذى على أعلاف حاوية على كسبة فستق الحقل أو كسبة بذور القطن المستوردة ، وقد أدى هذا الاكتشاف إلى منع استيراد واستخدام هذه الكسب في أعلاف أبقار الحليب ، ونجم عن ذلك انخفاض نسبة التلوث في الحليب المجفف بالمركب السام المذكور إلى (4%) بناء على نتائج دراسة ميدانية مماثلة امتدت من عام 1981-1983 ، وقد واجهت دول أوربية أخرى ذات المشكلة بالنسبة لتلوث الحليب بسم الأفلا من النوع M1 .

أما بالنسبة للحوم ، فيبدو أن هناك خطراً قليلاً إن لم يكن معدوماً بالنسبة لانتقال السموم الفطرية من الأعلاف الحيوانية إلى الأنسجة الحيوانية إذ أن نسبة التحول واطئة جداً ، فعلى سبيل التوضيح : إن نسبة التحول في سم الأفلا من النوع B1من العلف المستهلك (مايكروغرام/كغم) إلى سم الأفلا من النوع B1 في العضلات (مايكروغرام/كغم) تتراوح ما بين 1000 : 1 إلى 14000 : 1 ، ولكن قد تشذ بعض السموم الفطرية عن هذه القاعدة ، حيث يتم العثور على مستويات غير قليلة من سم الأفلا من النوع B1 وسم الأوكرا من النوع A- في الكلى لبعض الحيوانات . ولكن لم يتم العثور بواسطة الطرق التحليلية المتوفرة على أي رواسب من المركب السام T-2 في لحوم الدواجن التي سبق وأن غذيت على أعلاف حاوية على مستويات من السم المذكور تراوحت ما بين (10-15) ملغم/كغم من العلف.

وبصورة عامة يمكن القول بأن المنتجات الحيوانية لا تشكل في ضوء النتائج المتوفرة مصدراً طبيعياً لحدوث السموم الفطرية في سلسلة الغذاء البشري في الوقت الحاضر.

التشريعات الخاصة بالسموم الفطرية:

عند تعرض أي منتج زراعي أو مادة غذائية للتلوث بأي نوع من المركبات الخطرة فإنها تصبح غير صالحة للاستهلاك البشري أو الحيوانات الزراعية . وفي ضوء ذلك قامت العديد من البلدان بسن التشريعات الخاصة بتحديد المستويات القصوى المسموح بها من هذه المركبات التي تشمل أيضا في غالبية الحالات السموم الفطرية . وتتباين الدول في كيفية وطريقة تطبيق هذه التشريعات . ولكن يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار الموقع الجغرافي وطبيعة الإنتاج الزراعي ، السياسات

الاستراتيجية ، مدى التطور الصناعي والاقتصادي.

بما أن السموم الفطرية تحدث كملوثات طبيعية للمواد الغذائية البشرية والمواد الأولية العلفية ولا يمكن في أكثر الحالات استبعادها بدون حظر استخدام المنتجات الحاملة لها. فإنه يصبح من الضروري اتخاذ نوع من القرارات الرضائية مابين الجهات المنتجة لمثل هذه السلع والجهات المستهلكة لها للتوصل إلى حلول معقولة لمثل هذه الحالات . وهكذا فإن الأقطار التي لا تنتج المحاصيل الزراعية الأكثر عرضة للتلوث بالسموم الفطرية تكون المستويات المسموح بها من هذه المركبات أقل من تلك التي يسمح بها في البلدان المنتجة لمثل هذه السلع الزراعية . وإن البلدان التي تعتمد على صادراتها كمورد للعملة الصعبة تضطر إلى تصدير المنتجات ذات النوعية العالية التي تتطابق مواصفاتها مع متطلبات وقوانين الدول المستوردة ، ولكن الأمر المؤسف في هذا الخصوص هو أنه ما تبقى من تلك السلع الزراعية والذي يحتوي عادة على مستويات غير قليلة من السموم الفطرية يعرض للاستهلاك المحلي مما يعرض السكان والحيوانات الزراعية لحالات محتملة جداً من التسمم الفطري ، وهذا ما هو عليه الحال في دول العالم الثالث.

لقد تم التوصل في العديد من الدول المتقدمة إلى المستويات المسموح بها من السموم الفطرية في مختلف مصادر الغذاء في ضوء عدد من الاعتبارات الأساسية أهمها ما يلي:

1- المستوى المسموح به يجب أن يكون غير سام.

2- يجب أن يكون في الحد الأدنى الممكن تقديره في ضوء ما هو متوفر من الطرق التحليلية المعروفة إلى يومنا هذا.

وقد قضت قوانين العديد من بلدان العالم بوجود حدود عليا مسموح بوجودها في الغذاء سواء بالنسبة لسموم الأفلا أو الأنواع الأخرى من السموم الفطرية (الجداول 4-7 ، 4-8) ، ولكن يبقى السؤال المطروح : ما هو الحد الآمن لهذه السموم في غذاء الإنسان أو أعلاف الحيوانات الزراعية ؟ إن الإجابة على مثل هذا التساؤل ليست بالعملية السهلة، ولكن يمكن القول بأنه لا بد من اتخاذ كافة الاحتياطات التي من شأنها العمل على الحد من تلوث الأغذية بشتى أنواعها

واستخداماتها إلى الحدود الدنيا الممكنة من السموم الفطرية لأجل تقليل مخاطرها بالنسبة لصحة الإنسان أو الحيوانات الزراعية.

الجدول (4-7) : الحدود العليا لسموم الأفلا المسموح بها في الأغذية البشرية والأعلاف الحيوانية لعدد من دول العالم.

اسم البلد	نوع الغذاء	الحد الأعلى المسموح به من مركبات G2 G1و B2وB1 نانوغرام/غرام
أستراليا	جميع الأغذية البشرية	5
	فستق الحقل ومنتجاته	15
النمسا	جميع الأعلاف الحيوانية	50
بلجيكا	جميع الأغذية البشرية	5
	الحليب(M1)	1
كندا	المكسرات ومنتجاتها	15
الدنمارك	فستق الحقل ومنتجاته	10
دول الاتحاد الأوربي	المواد العلفية الأولية الخام(B1)	50
	أعلاف الدواجن الجاهزة(B1)	20
	الأعلاف الحيوانية الأخرى(B1)	10
ألمانيا	فستق الحقل ومنتجاته(B1)	10-5
الهند	فستق الحقل للاستهلاك البشري	30
	كسبة فستق الحقل للتصدير كعلف	1
اليابان	جميع أنواع الأغذية البشرية(B1)	10
هولندا	فستق الحقل ومنتجاته(B1)	50
	الحليب السائل(M1)	0.1
نيوزيلندا	الأغذية المستوردة	15
سويسرا	جميع أنواع المكسرات والنقل	5
	الحليب ومنتجاته	صفر
روسيا	جميع الأغذية(B1)	5
بريطانيا	المكسرات والنقل(B1)	5
أمريكا الشمالية	جميع الأغذية والأعلاف	20

الجدول (4-8) : الحد الأعلى لأنواع أخرى من السموم الفطرية المسموح بها في عدد من دول العالم.

البلد	نوع السم الفطري	نوع السلعة الزراعية	الحد الأعلى المسموح به نانو غرام/ غرام
بلجيكا	الباتولين	جميع الأغذية	صفر
	سم الأوكرا من النوع -A	جميع الأغذية	صفر
	الزيرالينون	جميع الأغذية	صفر
النرويج	الباتولين	عصير التفاح	50
السويد	الباتولين	عصير التفاح	50
سويسرا	الباتولين	عصير التفاح	50
كندا	ديوكسي نيفالينول	جميع الحبوب المستخدمة لصناعة أغذية الأطفال	صفر

الفصل الخامس
طرق تشخيص وتقدير
سموم الأعفان

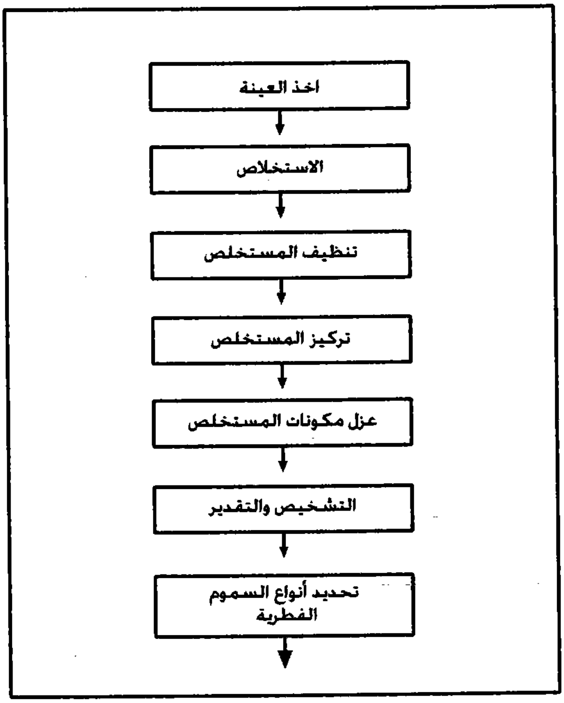
المقدمة:

تشترك السموم التي تنتجها الأعفان عموماً عند وجودها في الغذاء في تسببها للعديد من الأمراض والاضطرابات الفسلجية والحيوية التي تحدث في الإنسان والحيوانات الزراعية من اللبائن والدواجن نتيجة تناول مثل هذه الأغذية الملوثة بمثل هذه المركبات السمية. وقد تم إلى يومنا هذا تشخيص أكثر من (200) نوعاً من هذه السموم ذات التراكيب الكيماوية والصفات الفيزياوية المختلفة عن بعضها البعض الآخر . وقد سبب هذا التباين الواسع في صفات هذه المركبات السمية اختلافاً واضحاً في كيفية تأثيرها في مختلف الفعاليات الحيوية للكائنات الحية . وفي ضوء ذلك ، فإنه لا يمكن اعتماد طريقة تحليل موحدة لتشخيص مختلف السموم الفطرية وتقديرها كمياً، وحتى لتشخيص وتقدير السم الفطري الواحد ، الذي يمكن أن ينتجه العفن المتخصص في عدة أصناف من المواد الغذائية ، نظراً لاختلاف التراكيب الكيماوية والصفات الفيزياوية من مادة غذائية لأخرى ، مما يؤثر في السلوك العام للسم الفطري داخلها وكذلك في متطلبات استخلاص المركبات السمية الفطرية من كل نوع من المواد الغذائية.

البرنامج العام لتقدير مستويات السموم الفطرية:

في ضوء تراكم المعلومات عن خطورة السموم الفطرية وتأثيرها في الفعاليات الحيوية لمختلف الكائنات الحية، فقد سعى المختصون إلى إيجاد الطرق المناسبة للتقدير الكمي لهذه السموم في مختلف السلع الغذائية. ونظراً لوجود تباين واسع في تراكيب مختلف السموم الفطرية لذا فقد اقتضت الضرورة استنباط مختلف الطرق التحليلية لتقديرها كمياً، من جهة أخرى، يجب أن لا يغيب عن الذهن أن طريقة التقدير تتأثر بنوع المادة الغذائية المراد فحصها قدر تعلق الأمر بنوعية المذيبات المستخدمة وكيفية استخلاص السم الفطري منها ، فسموم الأفلا ، على سبيل المثال لا الحصر ، يمكن أن تحدث في الحبوب ، فستق الحقل والمنتجات

الغذائية المشتقة منه ، الحليب والمنتجات الحيوانية الأخرى ، وبالرغم من أن نفس السم يحدث في أصناف الغذاء آنفة الذكر ، إلا أن لكل مادة غذائية هناك طريقة استخلاص مختلفة من حيث نوعية المواد الكيماوية المستخدمة وتركيزها ، وبالرغم من التباين الموجود في طرق التحليل الكيماوي للسموم الفطرية غير أن جميعها تشترك أو تتشابه في خطواتها العامة (الشكل5-1)، عليه يمكن القول بأن طرق التحليل المستخدمة تعتمد الإجراءات العامة التالية :



الشكل (5-1) : مخطط يوضح خطوات البرنامج العام للكشف عن السموم الفطرية في مختلف المواد الغذائية البشرية والأعلاف الحيوانية

1- أخذ العينة

2- الاستخلاص

3- تنقية وتنظيف المستخلص

4- تركيز المستخلص

5- فصل وعزل مكونات المستخلص

6- الكشف والتقدير
7- تحديد نوعية السموم كل على حده

ولكن تختلف هذه البرامج في طريقة تنفيذ كل خطوة من الخطوات آنفة الذكر من ناحية نوع المذيبات المستخدمة أو طريقة إضافتها والكمية المطلوبة منها إذ يتوقف ذلك على نوع السم الفطري المراد الكشف عنه وصفات المادة الغذائية الموجود فيها ذلك المركب السمي (الجدول5-1) .

وفيما يلي شرحاً موجزاً لأهم الخطوات العامة لبرامج الكشف عن السموم الفطرية ، تحديد هوية كل منها وتقدير كميتها :

1 - أخذ العينات :

من النادر أن يكون توزيع السموم الفطرية متجانساً في أي شحنة من المنتجات الزراعية الخام أو المواد الغذائية المصنعة منها، حيث يكون حدوثها غير متساوي ومتباين بشكل كبير. وعادة يكون تركيز السموم الفطرية في أعلى مستوياته في نقاط بدء غزو الأعفان للمادة الغذائية ، عليه فإنه عند إجراء الفحص لشحنات كبيرة من المنتجات الزراعية مثل فستق الحقل ، الحبوب ، الأعلاف الحيوانية المصنعة ، يجب أن توجه عناية خاصة لغرض تحقيق الحصول على عينات تمثل كامل الشحنة تمثيلاً حقيقياً قدر المستطاع وذلك من خلال أخذ العينات اللازمة للفحص المختبري من كافة جوانب الشحنة المراد فحصها.

الجدول (5-1) : **الخطوات الأساسية في برنامج التحليل الكيماوي للسموم الفطرية.**

نوع العملية	وصفها	الغرض منها
1- أخذ العينة	تتم بواسطة آلة أخذ العينات يدوياً أو آلياً	الحصول على عينة ممثلة للشحنة
2- تحضير العينة	الطحن ، الخلط ، أخذ عينات ثانوية	الحصول على عينة ممثلة للشحنة
3- الاستخلاص	تتم بواسطة جهاز الخلط	فصل السموم الفطرية عن المركبات غير الذائبة في مذيبات الاستخلاص

4- التنظيف	أ. تجزئة السائل عن السائل باستخدام أقماع الفصل . ب. كروماتوغرافيا العمود جـ. الميل للترابط الأيوني مع بعض العناصر المعدنية مثل Cu^{2+}و Fe^{2+} و Pb^{2+} .	فصل السموم عن المركبات الأخرى الموجودة في مذيبات الاستخلاص.
5- العزل النهائي	أ. كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC) ب. كروماتوغرافيا الغاز- السائل(GLC) جـ. كروماتوغرافيا الأعمدة المصغر . د. كروماتوغرافيا السائل- السائل (LC)	عزل السموم أو السم الفطري عن المتبقي من المواد في مذيبات الاستخلاص والتي يمكن أن تتداخل مع السم المعني.
6- التشخيص والتحديد الكمي	أ. التوهج على رقائق الكروماتوغرافيا. ب. التوهج في السائل. جـ. امتصاص الأشعة فوق البنفسجية في السائل. د. فحص اللهب.	تشخيص وجود السموم وتحديد كميتها.
7- التأكيد	أ. الفصل بألواح الكروماتوغرافيا. ب. الفحوص الحيوية. ج. الفحص الطيفي الكتلوي.	تحديد هوية كل سم فطري على حدة.

إن الصعوبة الرئيسية في أخذ العينات الخاصة بتقييم وجود السموم الفطرية تنبع من عدم انتظام توزيع السم الفطري في المنتجات الزراعية الملوثة غير المصنعة . وكلما كان حجم حبة المنتج الزراعي أكبر كلما زاد ذلك في الأمر تعقيداً بالنسبة لإمكانية الحصول على عينة ممثلة لكامل الشحنة . فعلى سبيل المثال ، لو افترضنا أنه لدينا شحنة من فستق الحقل وزنها الكلي (10) طن فإن عدد الحبات في هذه الشحنة يكون زهاء ($2 X 10^7$) ، وربما تكون مثل هذه الشحنة حاوية

على عدد قليل من الحبات الملوثة بسموم الأفلا ، وفي مفهوم نظرية الاحتمالات هناك فرصة عالية بأن العينة المأخوذة عشوائياً ربما تكون غير حاوية على حبات من فستق الحقل تكون ملوثة بهذه المركبات السمية إطلاقاً . ومما سبق ذكره يتبين أنه كلما كان مستوى التلوث بالسموم الفطرية واطئاً كلما اقتضت الضرورة بأن يكون حجم العينة المأخوذة لغرض الفحص المختبري أكبر لغرض الحصول على عينة ممثلة لكامل الشحنة المراد فحصها.

إن الطريقة المثلى لأخذ العينات اللازمة للتحليل المختبري هي الطريقة المستمرة ، أي أن تؤخذ نماذج للفحص من كافة الشحنات أثناء الإنتاج ، فضلاً عن ذلك يجب أن يتم خلط كافة العينات بشكل متجانس من أجل الحصول على عينة أو نموذج ممثل تماماً للشحنات المراد فحصها . ولا يوجد لحد الآن إجماع في الرأي ما بين المتخصصين في مثل هذا النوع من التحاليل المختبرية حول الحجم الأمثل للنماذج المطلوب أخذها لإجراء الفحوصات الخاصة بالتحري عن السموم الفطرية ، ولكن يجب أن لا يغيب عن الذهن أن حجم العينة يتأثر بحجم جزيئات المادة المراد فحصها ودرجة التجانس التي يجب تحقيقها (الجدول5-2) ، فعلى سبيل المثال حجم عينة من فستق الحقل تكون أكبر من حجم عينة الذرة الصفراء ، وهذه تكون أكبر من حجم عينة من القمح وهكذا . وبالرغم من أن زيادة حجم نموذج الفحص المختبري يزيد في دقة النتائج المتحصل عليها إلا أن هناك زيادة في الكلفة تترتب على ذلك، ولكن يجب أن لا يغيب عن الذهن أن هذه الزيادة في كلفة التحليل المختبري للكشف عن وجود السموم الفطرية قد لا تعد شيئا مذكورا مقابل الحفاظ على صحة المستهلك ،سواء كان بشرا أو حيوانا زراعيا، إذ أن مثل هذه التحاليل تؤمن حصول هذه الكائنات الحية على مصادر للغذاء تكون خالية من مثل هذه الملوثات ذات الخطورة الشديدة على الصحة العامة.

الجدول (5-2) : تأثير نوع المادة المطلوب إجراء فحص التحري عن السموم الفطرية فيها في حجم العينة الواجب أخذها.

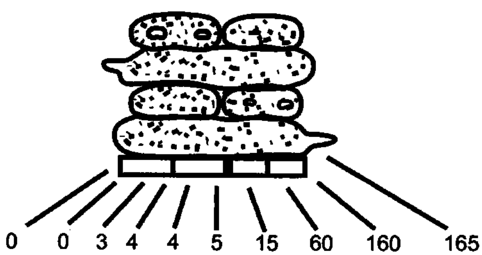
نوع المادة	طريقة التعبئة	عدد النماذج المأخوذة	وزن العينة (كغم)	
			الحد الأدنى	الحد الأعلى
زبدة فستق الحقل	للمستهلك بالمفرد	24	0.225	5.450

الناعمة	بالجملة	12	0.455	5.450
زبدة فستق الحقل الخشنة ، فستق الحقل المقشور المحمص وغير المحمص أو فستق الحقل المجروش	للمستهلك بالمفرد وبالجملة	48	0.455	21.750
فستق البرازيل (بالقشرة)	بالجملة أكثر من 200 كيس	20	0.455	9.00
	201 - 800 كيس			
	2000 - 801 كيس	40	0.455	18.00
الذرة الصفراء (حبوب كاملة ، طحين ، مجروشة)	للمستهلك بالمفرد	10	0.455	4.550
بذور القطن الكاملة	بالجملة	15	1.800	27.000
كسبة بذور القطن وكسبة بذور فستق الحقل	بالجملة	20	0.450	9.000
الحليب بكافة أنواعه	للمستهلك بالمفرد	10	0.450	4.500
	بالجملة	-	-	4.500
الحبوب الصغيرة (الحنطة والشعير)	بالجملة	10	0.450	4.500
سلع زراعية ذات جزيئات كبيرة الحجم		50	0.450	22.700
سلع زراعية ذات جزيئات صغيرة الحجم		10	0.450	4.500

عليه فإنه في ضوء ما سبق ذكره تعد عملية أخذ العينات من أكثر الخطوات

أهمية في برنامج التحليل العام للتحري عن وجود السموم الفطرية وتشخيصها ، إذ أن الهدف من هذه الخطوة هو الحصول على نموذج للفحص المختبري يكون ممثلاً للشحنة التي تم سحب عينة الفحص منها . ويعتمد اتخاذ قرار قبول شحنة معينة من المواد الغذائية البشرية أو المواد العلفية الأولية أو رفضها على نتائج التحليل المختبري للعينات المأخوذة من هذه الشحنة . إن طريقة أخذ العينات تعد مشكلة جسيمة في برنامج التحليل العام للسموم الفطرية ، فعلى سبيل المثال : إذا كانت السموم موزعة بشكل غير متجانس خلال الشحنة المطلوب فحصها من فستق الحقل ، أي أن تكون الأكياس المعبأة بهذه المادة حاوية على بضع حبات ملوثة بشدة بسموم الأفلا ولكن تكون موزعة بشكل غير متجانس بين الحبوب الجيدة ، فإن عدم الاعتناء بدقة أخذ العينة سيعطي نتائج غير واقعية لمحتوى هذه العينة أو الشحنة بكاملها من هذه المركبات السمية ، وتشير نتائج التحليل المختبري إلى أنه في إحدى الشحنات من فستق الحقل تم أخذ عشر عينات ثانوية وعند تحليل هذه العينات تبين أن المعدل العام لكمية سم الأفلا من النوع (B1) الموجودة في الشحنة كان (36) ميكروغرام/كغم بينما كان المدى المتحصل عليه من العينات كل على انفراد يتراوح ما بين (صفر-165) ميكروغرام/كغم (الشكل5-2) .

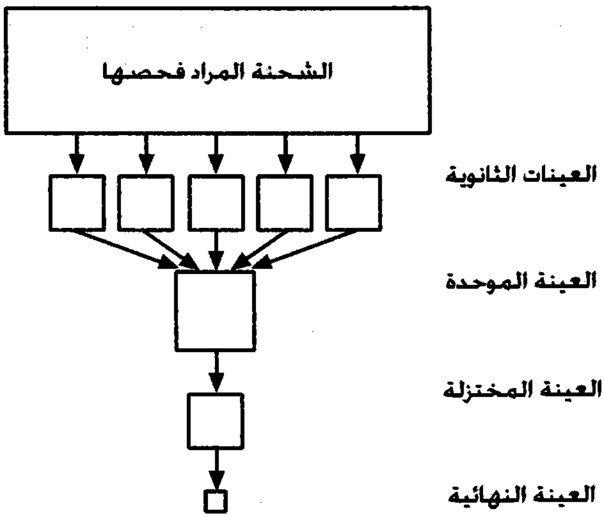
متوسط تركيز الافلاتوكسين - ٣٦ مايكروغرام / كغم



الشكل (5- 2) : مخطط يوضح التوزيع غير المتجانس لسموم الأفلا في شحنة مستوردة من فستق الحقل.

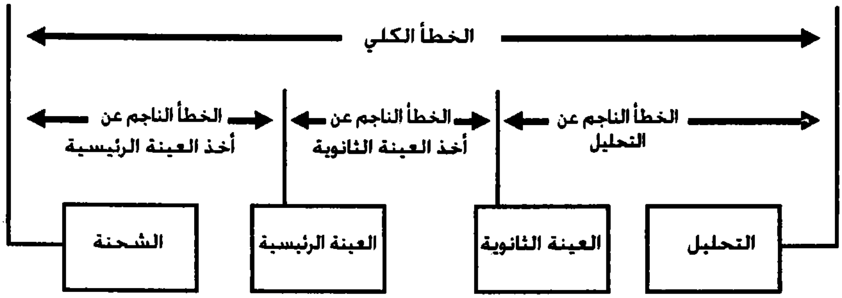
إن هذا المثال يوضح الصعوبات التي يمكن أن يواجهها من يقوم باتخاذ القرار بشأن قبول أو رفض تلك الشحنة معتمداً على العينات التي تم أخذها مسبقاً منها . ولا زال هناك تضارب في الرأي بين الإحصائيين حول أي الطرق يجب اتباعها في أخذ العينات بغية الحصول على أفضل تقدير ممكن لكمية السموم في الشحنة المراد فحصها مختبريا. وبالرغم من هذه المعوقات فقد تم وضع برنامج

لطرق أخذ العينات لعدد من المواد الغذائية والعلفية ومثال على ذلك طريقة أخذ العينات (الشكل 5-3) التي تم اعتمادها في دول الاتحاد الأوربي ، وفي مثل هذه الطريقة تتراوح عادة كمية العينة النهائية المأخوذة لغرض الفحص المختبري ما بين (20-100) غرام .



الشكل (5 -3) : مخطط يوضح خطوات أخذ العينات لأجل التحري عن السموم الفطرية .

وفي ضوء ما سبق ذكره يتبين لنا أنه من الضروري أن تولى عملية أخذ العينات والخطوات التحليلية اللاحقة عناية كبيرة ، إذ أن أي خلل في تطبيق أي خطوة من خطوات برنامج التحليل يمكن أن ينجم عنه أخطاء كبيرة في نتائج التحليل ، وتشير نتائج الدراسات إلى أن (88%) من المجموع الكلي للخطأ في نتائج التحليل يمكن أن يعزى إلى عدم توخي الدقة في طريقة أخذ العينة الأولية من الشحنة المراد فحصها ، وأن نسبة (10%) من الخطأ هو بسبب عدم الاهتمام بطريقة أخذ العينات الثانوية ، أما الأخطاء الناجمة عن العامل البشري ، المواد الكيماوية المستخدمة والأجهزة المختبرية فإنه لا يشكل سوى (2%) من مجموع الخطأ الكلي الحاصل في نتائج التحليل للتحري عن السموم الفطرية (الشكل 5-4) .



الشكل (5 -4) : مخطط يوضح مصادر الخطأ في عمليات تحليل السموم الفطرية .

2 - الاستخلاص ، التنظيف ، التركيز وفصل مكونات المستخلص :

إن حدوث السموم الفطرية في نماذج الأغذية والأعلاف الملوثة يكون عادة بتراكيز واطئة جداً ويعبر عنها بمقياس جزء بالمليون (ppm) أو جزء بالبليون (ppb) . وقبل قياس مقدار هذه السموم يجب أن يتم استخلاصها أولا من المادة العضوية المراد فحصها ، وبما أن هذه السموم تذوب بدرجة جيدة في المذيبات العضوية ، عليه فإنه من الممكن استخدام خليط منها لهذا الغرض مثل الكلوروفورم ، نترايل الأسيتون ، كحول الميثانول ، الأسيتون ، الخلات الأثيلية ، الميثان ثنائي الكلور ويضاف إلى هذه المذيبات كميات قليلة من الماء والحوامض المعدنية مثل حامض الكبريتيك وغيره.

إن وجود الدهون وبعض المركبات الأخرى في المادة المراد فحصها يمكن أن يتسبب في إعاقة عملية تركيز المستخلص وعملية الكشف عن السموم ، وفي مثل هذه الحالات تضاف إلى النماذج تحت الفحص المذيبات التي تساعد في إزالة الدهون من المستخلص مثل مذيب الهكسان . كما تستخدم كبريتات النحاس لإزالة الصبغات الطبيعية من المستخلص ، أما المواد التي تتداخل مع السموم الفطرية فإنه يمكن إزالتها عن طريق مواد الامتزاز (adsorpants)في عمود التنظيف ومن هذه المواد : سيليكا جل، البولي آميد ، الفلوريسيل ، السفادكس ، أكاسيد الألمنيوم.

إن اختيار المركبات الكيماوية الداخلة في تكوين عمود التنظيف تعتمد على طبيعة المواد المراد إزالتها من المستخلص النهائي وكذلك نوعية السموم المراد البحث عنها وتحديد هويتها . ويمكن أن يتم إنجاز عملية الاستخلاص السائلة باستخدام أقماع الفصل مع مراعاة استخدام المواد الكيماوية المناسبة في هذه

المرحلة مثل استخدام البنتان ضد محلول كحول الميثانول المائي . وبما أن غالبية السموم الفطرية غير محبة للدهون ، فإنه يمكن إزالتها بهذه الطريقة مع استبقاء السموم الفطرية في المستخلص النهائي . إن تقنيات التنظيف سالفة الذكر هي في حقيقة الأمر عبارة عن طرائق للفصل التي يتم فيها عزل مادة عن أخرى وذلك اعتماداً على الخصائص الفيزيوكيمياوية لكل مادة ، وفي هذه الطريقة يمكن عزل الجزء الأعظم من المواد الأخرى المصاحبة للسموم الفطرية خلال عمليات الاستخلاص الأولية ، وبعد التركيز يمكن الحصول على المستخلص النهائي.

وبالرغم من عمليات الاستخلاص والتنظيف آنفة الذكر ، فإن المستخلص النهائي لا يزال حاوياً على كميات كبيرة من المواد المستخلصة عرضياً ويمكن لهذه المواد المصاحبة أن تعرقل عملية تقدير السموم الفطرية . وهناك العديد من العمليات التي يمكن بواسطتها عزل السموم الفطرية عن بقية مكونات المستخلص ، وعادة ما تستخدم تقنيات الكروماتوكرافيا لهذا الغرض وبالدرجة الرئيسية تعتمد تقنيات كروماتوكرافيا الطبقة الرقيقة ذات البعد أو الاتجاه الواحد-One) (dimensional-TLCأو ذات البعدين أو الاتجاهين، (Two-dimensional TLC) ونظراً لكون غالبية السموم الفطرية هي مركبات غير متطايرة (Non-volatile) فإن استخدام تقنية كروماتوكرافيا الغاز - السائل (GLC) يكون محدود التطبيق في هذا المجال.

وهناك اختيار آخر ، وهو استخدام تقنية الكروماتوكرافيا السائلة ذات الأداء العالي (HPLC) لغرض عزل مكونات المستخلص ، وقد أصبحت هذه التقنية شائعة الاستخدام في برامج تحليل السموم الفطرية . ويمكن لهذه الطريقة أن تكون البديل الأفضل لغرض عزل أنواع معينة من السموم الفطرية وعلى الأخص تلك الموجودة في المواد الغذائية . وعلى أية حال ، فإن وجود كل سم من السموم الفطرية مع مادة غذائية معينة يعد مشكلة قائمة بحد ذاتها ، عليه فإن من واجب القائم على التحليل اختيار أنسب وسائل التحليل المتوفرة للتوصل إلى أفضل النتائج الممكنة . إن لكل من تقنيات الكروماتوكرافيا ذات الطبقة الرقيقة (TLC) أو الكروماتوكرافيا ذات الأداء العالي (HPLC) استخدامات مختلفة في التحليل ، ولكن استخدامها مع بعضها البعض يمكن أن يوفر طريقة ممتازة يمكن من خلالها توفير الحلول المثلى للمشاكل التي تواجه برامج تحليل السموم الفطرية.

وبعد استخلاص النموذج يجب أن يجفف ويذاب في كمية معلومة من المذيب لكي يكون جاهزاً للتحليل والكشف ، وهناك العديد من المذيبات المستخدمة لهذا الغرض ، والتي تتناسب مع كل نوع من أنواع السموم الفطرية المعروفة وطبيعة الوسط الموجودة فيه (الجدول 5-3) .

الجدول (5-3) : أنواع مذيبات الاستخلاص المستخدمة في تحليل السموم الفطرية.

نوع السم الفطري	المادة الغذائية	نوع المذيبات
سموم الأفلا	الذرة الصفراء، بذور القطن بذور القهوة الخضراء، فول الصويا، جوز الهند، مسحوق جوز الهند، كسبة جوز الهند حبات الكاكاو .	محلول الأسيتون مع الماء (85 : 15) محلول الكلوروفورم مع الماء (91 : 9) يتم إزالة الدهن بمذيب الهكسان ثم تعامل بالكلوروفورم
	فستق الحق ومنتجاته ، الفستق	الكلوروفورم مع الماء(91 :9) أو كحول الميثانول مع الماء (55 : 45) مضافا إليه الهكسان (39 : 32 + 29)
	مسحوق الحليب المجفف	الأسيتون مع الماء (70: 30)
سموم الأوكرا	الشعير	الكلوروفورم + حامض الفسفوريك بعيارية 0.1
الباتولين	عصير التفاح	خلات الأثيل.
الستيركماتوسستين	القمح ، الشعير	نترايل الأسيتون (تركيز 4%) مع كلوريد البوتاسيوم (9: 1).
الترايكوثسينات	الحبوب	كحول الميثانول مع الماء (9: 1)

3 - النشر والتقدير وتأكيد نوعية السم الفطري :

حالما يتم التوصل إلى فصل مكونات المستخلص بشكل مرضي ، فإنه يلي ذلك عملية تشخيص السم الفطري المعني وتحديد كميته . وتعتمد الطريقة المستعملة في الكشف عن السموم الفطرية وتحديد هويتها على خواصها

الفيزيوكيمياوية ، فبعض السموم الفطرية لها القابلية على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية كما هو عليه الحال بالنسبة لسموم الأفلا ، وتجدر الإشارة إلى أن سموم الأفلا لها خاصية امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وتقوم ببعث طاقة الأشعة الممتصة على شكل توهج لاصف يدعى توهج الفلورة (Fluoresence light) ، ولحسن الحظ تساعد هذه الخاصية التي تتصف بها بعض أنواع السموم الفطرية القائمين على التحليل في الكشف عن أنواع السموم الفطرية وتمييزها عن غيرها من المركبات المصاحبة الأخرى . وتعبر شدة توهج الضوء المنبعث من بقع السموم الفطرية المنشورة على صفائح الفحص الكروماتوكرافي عن مقدار هذه السموم ، أما لون الضوء المتوهج المنبعث فيحدد هوية كل سم من السموم تحت الفحص.

من جهة أخرى ، ولسوء الطالع ، ليس جميع السموم الفطرية قابلة للكشف عنها بهذه الطريقة البسيطة ، حيث أن العديد منها لا ينبعث منها توهج الفلورة عند تعرضها إلى الأشعة فوق البنفسجية ، إذ أن البعض منها لها خاصية امتصاص الأشعة فوق البنفسجية بينما البعض الآخر يفتقد هذه الخاصية ، عليه يتطلب الأمر في مثل هذه الحالات رش صفيحة الفحص الكروماتوكرافي بمادة كاشفة ، كما هو عليه الحال بالنسبة للسم الفطري الستيركماتوسستين (Sterigmatocystine) الذي يحدث أحيانا في الأجبان الجافة . فعند نشر المستخلص المحتوي على هذا السم على صفيحة السليكا جل في اختبار كروماتوكرافيا الطبقة الرقيقة (TLC) وتعريضها للأشعة فوق البنفسجية لا يظهر أي أثر لبقع هذا السم ، ولكن عند رش الصفيحة بمادة كلوريد الألمنيوم (AICI3) المذاب في كحول الأيثانول فإن بقع السم المنتشرة على صفيحة الفحص تصبح مرئية إذ تعطي توهجاً أصفر اللون ، مثال آخر على فائدة استخدام المواد الكاشفة هو سموم الأفلا حيث يمكن تحديد هوية هذه المجموعة من السموم الفطرية من خلال رش صفيحة السليكا المنشور عليها المستخلص المراد فحصه بمحلول حامض الكبريتيك حيث يتم تشخيص بقع السم الفطري من غيرها وذلك من خلال اكتساب هذه البقع اللون الوردي بعد تفاعلها مع حامض الكبريتيك.

وتجدر الإشارة إلى أن استخدام المواد الكاشفة تزيد من قوة الكشف عن السموم الفطرية بمقدار (100) مرة . وبالرغم من استخدام مختلف تقنيات التنظيف في خطوات البرنامج العام للتحليل، غير أنه ربما يتبقى بعض المركبات التي لها سلوك مشابه لذلك المتحصل عليه من السموم الفطرية عند نشرها على صفائح

فحص الكروماتوكرافيا ، ولغرض خفض احتمالية ظهور مثل هذه المركبات إلى الحدود الدنيا الممكنة لتجنب إعطائها انطباعاً خاطئاً عن وجود السموم الفطرية من عدمه فإن هناك طريقة مثلى لهذا الغرض وهي طريقة تحليل الطيف ذو الأداء العالي High resolution spectroscopy ولكن مما يعاب على هذه الطريقة إنها مستهلكة للوقت فضلاً عن أنه ليس جميع المختبرات يمكن أن تحوي مثل هذه الأجهزة المتطورة ، عليه يفضل استخدام الطرق الكيماوية الأكثر بساطة التي بالرغم من عدم تماثلها بالدقة مع طريقة التحليل الطيفي إلا أن لها القدرة على كشف المركبات من غير السموم الفطرية واستبعادها من صفيحة النشر الكروماتوكرافي.

طرق تحليل وتقدير السموم الفطرية :

بعد الحصول على المستخلص النهائي من المادة المراد فحصها من خلال تطبيق خطوات برنامج التحليل العام المشار إليها سالفاً ، يصبح من الضروري الكشف عن هوية كل نوع من السموم الفطرية التي يحتويها هذا المستخلص فضلاً عن أهمية تحديد كمياتها فيه . ويمكن تحقيق ذلك إما باستخدام الطرق الكروماتوكرافية التي فيها يمكن تشخيص نوع السم الفطري وتحديد كميته، أو الطرق البايولوجية التي يمكن بواسطتها الكشف عن وجود السموم الفطرية ونوعها من خلال ملاحظة نوع وموقع تأثيرها في الحيوانات المختبرية أو الكائنات الحية الأخرى ، حيث تختلف السموم الفطرية في مواقع تأثيرها فمثلاً سموم الأفلا تسبب التسرطن في الحيوانات المختبرية ويكون تأثيرها محصوراً في الكبد بشكل خاص ، أما سموم الأوكرا فإنها تؤثر بالدرجة الرئيسة في الكلية . وفيما يلي استعراضاً عاماً لأهم الطرق المستخدمة في تشخيص وتقدير السموم الفطرية:

1- الطرق الكروماتوكرافية :

إن المستخلص المتحصل عليه من المرحلة النهائية لبرنامج التحليل العام غالباً ما يكون محتوياً على تراكيز عالية من السموم الفطرية ، وتعد الطرق الكروماتوكرافية من الطرق الروتينية في تشخيص السموم الفطرية ، وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من هذه الطرق هي :

أ. كروماتوكرافيا الطبقة الرقيقة : Thin Layer Chromatography (TLC)

تعد من أكثر الطرق انتشاراً واستخداماً في تحليل السموم الفطرية ، وتتضمن هذه الطريقة طلي لوح من الزجاج بقياس (20 x 20سم) بمادة السليكا جل ثم يتم

نشر المستخلص المطلوب فحصه على شكل بقع صغيرة في خط قاعدة الصفيحة، وتتم عملية نشر المستخلص باستخدام أحد المذيبات المناسبة ، وبعدها تجفف الصفيحة ويتم تقدير كمية السم الفطري . وهنالك أسلوبين لتطبيق هذه الطريقة هي :

أولا ـ ذات الاتجاه الواحد One-dimensional TLC :

ثانياً ـ ذات الاتجاهين Two-dimensional TLC :

وبعد نشر المستخلص وتطهيره يلي ذلك تعريض اللوح إلى الأشعة فوق البنفسجية ، حيث أن هذه الأشعة تسبب توهجاً لبقع السموم الفطرية ويعتمد لون الضوء المتوهج على نوع السم الفطري فعلى سبيل المثال يعطي سم الأفلا من النوع (B1) توهجاً بلون أزرق ، بينما سم الأفلا من النوع (G1) يعطي توهجاً بلون أخضر (الجدول 5-4) .

ب. الكروماتوكرافيا السائلة عالية الأداء:

High performance liquid chromatography تعد هذه الطريقة ذات دقة عالية في تقدير السموم الفطرية ، وتتفوق في حساسيتها على طريقة كروماتوكرافيا الطبقة الرقيقة، (TLC) وتعتمد هذه الطريقة على مبدأ نشر المستخلص بين وسطين أحديهما متغير ويكون سائلاً والثاني ثابتاً ويكون إما صلباً أو سائلاً.

الجدول (5-4) : تأثير الأشعة فوق البنفسجية في لون الضوء المتوهج المنبعث من بقع السموم الفطرية.

نوع السم الفطري	طول موجة الأشعة فوق البنفسجية(nm)	لون ضوء توهج الفلورة
سم الأفلا من النوعB1	360	أزرق
سم الأوكرا من النوع A	360	أزرق
الباتولين	360	أصفر
الستيركماتوسستين	360	أصفر مخضر
الزيرالينون	354	أزرق مخضر
حامض البنسيليك	360	أزرق
السترنين	360	أصفر
حامض البيازونيك الحلقي	الضوء الطبيعي	بنفسجي

ج. كروماتوكرافيا الغاز والسائل : Gas-liquid chromatography

وهي من الطرق غير الشائعة الاستعمال في تقدير السموم الفطرية ، ويتم اللجوء إلى استخدام هذه الطريقة لتقدير السموم الفطرية التي لا تتوهج عند تعريضها إلى الأشعة فوق البنفسجية ، ومن هذه السموم مجموعة الترايكوثسينات حيث يكون بالإمكان تقديرها بواسطة هذه التقنية بالرغم من وجودها في المواد الغذائية بتراكيز واطئة جداً قد تصل إلى زهاء (10) جزء بالمليون .

2- الطرق البايولوجية :

تستخدم هذه الطرق للتأكد من وجود السموم الفطرية ونوعها ، في مصادر الغذاء المختلفة من خلال نوع التأثير الذي تحدثه في الكائن الحي عند تعرضه لمثل هذه السموم وتشمل الاختبارات التالية:

أ. أفراخ البط بعمر يوم واحد:

غالباً ما تستخدم أفراخ البط لغرض الكشف عن وجود سموم الأفلا في نماذج الأغذية البشرية ومواد العلف الحيواني ، ويعتمد هذا الاختبار على استخلاص المادة السمية من النموذج المراد فحصه ، ثم حقن المستخلص في القانصة مباشرة ، وتسبب الجرعات المحتوية على مستويات عالية من سموم الأفلا هلاك الأفراخ خلال مدة سبعة أيام ، وكانت الجرع القاتلة من مجموعة سموم الأفلا معبر عنها بمقياس مايكروغرام/كيلوغرام كما يلي :

نوع سم الأفلا	الجرعة القاتلة مايكروغرام/كغم من وزن الجسم الحي
B1	0.36
B2	1.69
G1	0.78
G2	2.45

كذلك يمكن استخدام هذا الاختبار في تحديد وجود سم الأفلا من النوع M1 في الحليب السائل والمجفف.

ب. جنين الدجاج :

يصلح هذا الاختبار لتشخيص سم الأفلا من النوع B1 بالدرجة الرئيسية ، كما يمكن تشخيص بعض أنواع السموم الفطرية الأخرى بشكل محدود . ويتم حقن المستخلص في الفجوة الهوائية للبيضة المخصبة أو في الصفار مباشرة ، وتشير الدراسات إلى أن احتواء المستخلص على سم الأفلا من النوع B1 من مجموعة

من بين مجموعة سموم الأفلا بتركيز أقل من 0.3 ميكروغرام يمكن أن يتسبب في هلاك الأجنة داخل البيض المخصب.

ج. فحوصات الجلد :

يستخدم هذا الاختبار للكشف عن السموم الفطرية التي ينتجها الفطر من جنس الفيوزاريوم ، وللتحقق من وجود هذه السموم يتم حقن المستخلص تحت جلد الحيوانات المختبرية مثل الأرانب وخنازير غينيا والجرذان ، وعند وجود هذه السموم يلاحظ حدوث تغيرات غير طبيعية في الجلد والتي غالباً ما تظهر على شكل طفح وردي، (Erythema) أو ارتشاح مصلي في الأنسجة الرخوة (Oedema) أو تنخر خلايا الجلد، (Necrosis) ويمكن أن تتسبب هذه التغيرات في الجلد نتيجة وجود السموم الفطرية المعنية بتراكيز تتراوح ما بين 5-60 ميكروغرام/مللتر، ومثال ذلك السم الفطري من النوع T2 .

د. فحص النشاط البكتيري :

إن تثبيط نمو البكتريا بفعل السموم الفطرية في الوسط الغذائي يعد من الطرق السريعة في الكشف عن وجود السموم الفطرية ، ويتم إجراء هذا الاختبار بإضافة المستخلص المتحصل عليه من المادة الغذائية المراد فحصها إلى الوسط الغذائي الذي يستخدم لتنمية البكتريا عليه آخذين بعين الاعتبار كمية المستخلص المضاف إلى مثل هذه الأوساط الغذائية وغالباً ما تستخدم البكتريا من جنس *Bacillus brevis* وذلك لشدة حساسيتها لوجود السموم الفطرية ، كذلك يمكن استخدام بكتريا القولون *E.coli* لذات الغرض.

هـ. الحيوانات المختبرية :

يمكن استخدام عدة أنواع من الحيوانات المختبرية مثل الجرذان ، خنازير غينيا ، الدواجن لغرض اختبار تأثير السموم الفطرية في معدلات النمو ، كفاءة الاستفادة من الغذاء المستهلك ، الهلاكات ، والتغيرات التي تحصل في الأعضاء الداخلية للكائن الحي تحت الاختبار مثل الكبد ، الرئتين ، الكلية.

3-فحص المستضدات: Immuno Assays

وهي طريقة جديدة تختلف كلياً في مبدأ تطبيقها عما تم ذكره آنفا من طرق التحليل المعروفة للكشف عن السموم الفطرية ، وهذه الطرق تعتمد على فحص المستضدات . وبالرغم من أن هذه الطرق لا زالت في مراحلها الأولية بالنسبة

لتطبيقاتها العملية في فحص السموم الفطرية ، إلا أنه ظهر حديثاً عدد محدود من الدراسات عن إمكانية استخدام هذه الاختبارات في الكشف عن بعض أنواع السموم الفطرية ، ومن هذه الطرق استخدام الفحص الأنزيمي المرتبط (ELISA) أو فحص النشاط الإشعاعي، (R.I.A) ولكن مع ذلك لا زالت هذه الاختبارات غير قادرة على التنافس مع الطرق الكروماتوكرافية المستخدمة حالياً في الكشف عن وتحديد أنواع السموم الفطرية المعروفة . ولكن ربما يصبح من الممكن مستقبلاً تطوير هذه التقنيات لتصبح أكثر فاعلية من حيث التطبيق العملي لغرض استخدامها في هذا المجال الحيوي .

الفصل السادس
تأثير السموم الفطرية
في الفعاليات الحيوية
للبائن والطيور الداجنة

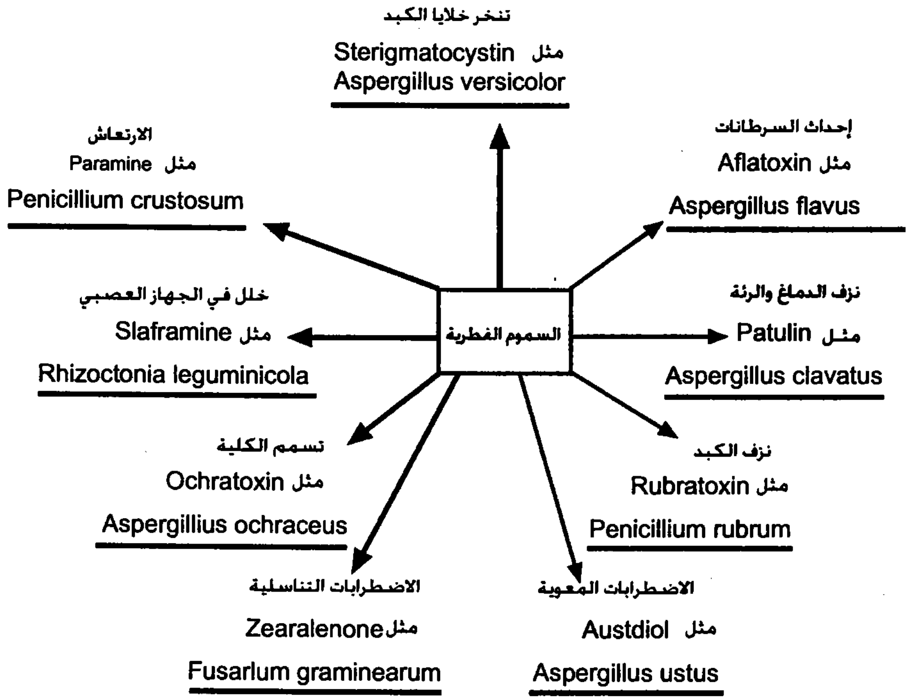
المقدمة :

عرف الإنسان سمية عدد من الفطريات عند تناولها كمصدر للغذاء مثل بعض سلالات فطر المشروم (Mushroom) أو ما يسمى بعش الغراب منذ زمن بعيد ، غير أن خطورة المركبات السمية التي تنتجها أنواع من الأعفان وتأثيرها في صحة الإنسان والحيوانات الزراعية لم يتم تمييزها حتى أواسط القرن الثامن عشر عندما لاحظ الباحثون أن هناك ارتباطاً بين تناول الإنسان لخبز الشيلم الملوث بالأجسام الحجرية التي ينتجها العفن *Claviceps purpurea* وظهور أعراض التسمم الأرجوتي (Ergotism) ، وبعد هذا الاكتشاف توالت الدراسات حول بعض الأعراض المرضية التي ظهرت على الإنسان نتيجة استهلاكه للخبز الذي سبق وإن تعرض للتلوث بالعفن *Fusarium graminearum* أو استهلاكه القمح المخزون بعد مرور فصل الشتاء عليه والذي تبين أنه ملوث بالأعفان من جنس الفيوزاريوم وهي *F.sporotrichiodes* و *F.poae* ، الذي تسبب مركباتهما السمية مرض التسمم الابتدائي الغذائي (alimentary toxic aleukia) الذي انتشر بشكل وبائي في الاتحاد السوفيتي أوائل القرن الحالي .

وبعد اكتشاف الخواص السمية والمسرطنة للمركبات السامة التي ينتجها العفن *A. flavus* في أوائل الستينيات من القرن العشرين المنصرم ، فقد ساعد ذلك في التعرف بشكل معمق على هذه السموم من حيث تراكيبها الكيماوية وصفاتها وخواصها وتأثيراتها في مختلف الفعاليات الحيوية للكائنات الحية .

وبالرغم من تزايد المعلومات التي تم الحصول عليها بشأن السموم الفطرية وتأثيرها في صحة الإنسان أو الحيوانات الزراعية (الشكل6-1)، غير أن غالبية المعلومات المتحصل عليها منشئها هو الدراسات والملاحظات البيطرية الميدانية ، وتشير نتائج الدراسات الميدانية والاختبارات الخاصة بالحيوانات المختبرية أن تأثير

السموم الفطرية هو مسألة على جانب كبير من الخطورة ، وربما يصبح بالإمكان مستقبلاً التوصل إلى العلاقة القائمة ما بين السموم الفطرية والكثير من الأمراض التي تصيب الإنسان والحيوانات الزراعية بمختلف أنواعها إلى جانب تلك التي تم تشخيصها إلى يومنا هذا .



الشكل (6-1) : مخطط يوضح مختلف المخاطر الصحية الناجمة عن تعرض الكائنات الحية للسموم الفطرية .

إن جميع المنتجات النباتية من المحاصيل الزراعية وغيرها من السلع الغذائية الأخرى يمكن أن تكون وسطاً مناسباً لنمو الأعفان وبالتالي إنتاجها للسموم الفطرية في الوسط الذي تنمو فيه ، وهكذا تكون مصدراً مباشراً لتلوث الغذاء البشري والعلف الحيواني بهذه المركبات السامة . وعند استخدام الحيوانات الزراعية لإنتاج الغذاء مثل الحليب ، اللحوم بأنواعها ، البيض، وتناول هذه الحيوانات للأعلاف الملوثة بالسموم الفطرية ، فإن ذلك لا يجعلها عرضة للتسمم بهذه المركبات وحسب وإنما تكون منتجاتها واسطة لنقل هذه السموم المتراكمة في منتجاتها مثل

الحليب ، اللحم أو البيض إلى مستهلكيها من البشر ، وبذلك تكون مصدراً غير مباشر لتعرض الإنسان لهذه المركبات الخطرة ، فضلاً عن ذلك يمكن أن يتعرض الإنسان للسموم الفطرية من خلال طبيعة عمله في بعض الأماكن التي يتم فيها تداول المواد الأولية الحاوية عل تراكيز عالية من هذه المركبات حيث تسبب حركة هذه المواد وتداولها تطاير السموم الفطرية في الهواء وبالتالي يتم استنشاقها من قبل العاملين ودخولها إلى الجسم البشري عن طريق المجاري التنفسية .

إن حدوث السموم الفطرية في الأغذية البشرية أو المواد العلفية الأولية يعتمد على تكوينها من قبل أنواع معينة من الأعفان، ويتأثر مدى إنتاج السموم الفطرية بالعديد من العوامل البيئية مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، عليه فإن درجة تلوث مصادر الغذاء بهذه المركبات السمية تتباين بشكل كبير تبعا للموقع الجغرافي وطبيعة الظروف البيئية السائدة فيه ، طرق الإنتاج ، وسائل خزن المحاصيل الزراعية ومنتجاتها ، كذلك نوع المادة الغذائية حيث أن البعض منها يعد وسطاً أفضل لنمو الأعفان مقارنة بمواد أخرى .

سبق وأن أشرنا في فصل سابق إلى أن هناك العشرات من الأعفان المعروفة بإنتاجها للسموم الفطرية، غير أنه لا تتوفر المعلومات الكافية إلى يومنا هذا عن تأثير كافة أنواع السموم الفطرية التي تم اكتشافها إلى الوقت الحاضر في مختلف الفعاليات الحيوية للكائنات الحية ، وربما يمكن أن يعزى ذلك لسببين مهمين هما:

1- عدم اكتشاف التراكيب الكيماوية وتحديد مواصفات هذه السموم ودرجة سميتها .

2- عدم توفر الدراسات التطبيقية حول هذه المركبات .

تأثير السموم الفطرية في عمليات الأيض الحيوي للدهون والفيتامينات :

تضطرب عمليات الأيض الحيوي للدهون في العديد من أنواع الكائنات الحية نتيجة التعرض للسموم الفطرية ، ويمكن الحكم على اضطراب هذه العملية الحيوية المهمة من خلال ارتفاع مستوى الدهن في الكبد ، ولقد لوحظ حدوث هذه الظاهرة في الدراسات التي اشتملت على كل من : الخنازير ، الماشية ، الدجاج ، الدجاج الرومي ، البط ، الجرذان ، الفئران ، الكلاب ، القطط ، خنازير غينيا ، القرود

والإنسان . ويستثنى من ذلك الأغنام حيث أنها تعد من الحيوانات المقاومة للسموم الفطرية عند التعرض لها في المدى القصير .

إن مجموعة سموم الأفلا ليست النوع الوحيد من السموم الفطرية التي لها تأثير في عمليات تمثيل الدهون في جسم الكائن الحي ، فلقد دلت نتائج الدراسات أن مجموعة سموم الأوكرا تسبب أيضا ظاهرة الكبد المتشحم (Fatty liver) في البط، كما تسبب سموم T2والسترنين نفس المشكلة في الجرذان والأرانب على التوالي .

وربما يثار تساؤل هنا ، ما هو المهم في تشحم الكبد ؟ إن الجواب يكمن في الحقيقة الثابتة وهي ، اعتماداً على نوع الكائن الحي ، إن ما بين (40-95%) من المجموع الكلي للعمليات الحيوية المسئولة عن تخليق الدهون في الكائنات الحية تحدث في الكبد ، ثم يتم لاحقاً نقل الدهون إلى المواقع التي يتم فيها استخدامها من قبل الكائن الحي في مختلف فعالياته الحيوية التي تحتاج مثل هذا المركب الحيوي . عليه ، فإن في ضوء ما ذكر آنفا ، يمكن أن تعد حالة الكبد مؤشراً حساساً لاضطراب عمليات التمثيل الحيوي للدهون في جسم الكائن الحي . وهناك ما يكفي من الحقائق التي تشير إلى الاعتقاد بأن تأثير السموم الفطرية في عملية التمثيل الحيوي للدهون يمكن أن تعد من أولى العلامات المبكرة التي تظهر في الكائن الحي نتيجة التعرض لهذه المركبات السمية . وتعد الدواجن من أفضل الحيوانات المختبرية لدراسة تأثير السموم الفطرية في عمليات التمثيل الحيوي للدهون ، ذلك أن (90-95%) من الحوامض الدهنية يتم تخليقها في الكبد ، عليه فإن القسم الأعظم من الدراسات التي تخص هذا المجال أجريت باستخدام الطيور كحيوانات مختبرية لهذا الغرض . إن النظام المتبع في مثل هذه الدراسات هو إعطاء الدجاج ، من عمر يوم واحد إلى الأسبوع الثالث من العمر ، مستويات متدرجة من سموم الأفلا. وقد دلت نتائج مثل هذه الدراسات إلى أن أفراخ الدجاج تحتاج إلى تناول مستوى من سموم الأفلا قدره (2.5) جزء بالمليون ليتسبب ذلك في تدهور معدل النمو ، بينما تكفي جرعة من السموم آنفة الذكر قدرها (1.5) جزء بالمليون لإحداث تضخم في الكبد وزيادة في محتوى الكبد من الدهون . عليه، في ضوء ما سبق ذكره، يمكن القول بأن كمية قليلة من سموم الأفلا ، قد لا تكون بالمستوى الذي يسبب تدهوراً واضحاً في معدل النمو ، تعد كافية لإحداث اضطراب وخلل في عملية تمثيل الدهون . ويبدو أن تأثير سموم الأفلا السلبي في

هذا المسار الحيوي يبدأ عند تثبيطه لعملية تكوين الأنزيمات المسئولة عن تمثيل الدهون .

لقد أصبح كذلك من الواضح حديثاً أن مصدر الدهن في الغذاء يمكن أن يكون له دوراً بارزاً في طبيعة التأثير السمي لسموم الأفلا . ولهذه الحقيقة أهمية كبيرة في مجال الصحة العامة للمجتمع ، فأغلب الدراسات الميدانية حول علاقة استهلاك سموم الأفلا بحدوث السرطان تمت في بلدان يكون فيها الدهن المستخدم في الغذاء التقليدي من مصادر نباتية بالدرجة الرئيسية. وكقاعدة عامة فإن الزيوت النباتية تكون محتوية على نسبة عالية من الحوامض الدهنية غير المشبعة ، وهذا يعني أن ما تم الحصول عليه من نتائج في الدراسات المطبقة في الجرذان يمكن أن يحدث نفس التأثير في الإنسان ، وذلك يقودنا إلى الاستنتاج بأن البشر الذي يقوم باستهلاك أغذية محتوية على نسبة عالية من الحوامض الدهنية غير المشبعة يكون أكثر عرضة للإصابة بالسرطان الناجم عن استهلاك أغذية ملوثة بسموم الأفلا .

من المحاور التي تربط ما بين تمثيل الدهون والفيتامينات خلال تعرض الكائن الحي إلى سموم الأعفان من خلال الغذاء ، هو تأثير النقص الغذائي في بعض المركبات ، التي تسمى مجازياً ضمن الدهن ، تشمل الميثايونين ، فيتامين ب 12 ، حامض الفوليك والكولين ، وقد اكتسبت هذا الاسم النوعي بسبب كون وجودها في الغذاء يمنع حدوث حالات الكبد المتشحم . وتشير نتائج الدراسات المتوفرة أن النقص الحدي لكل من فيتامين ب 12 والكولين في الغذاء يعمل على تسريع تطور الأورام السرطانية في الجرذان ، بينما النقص الحاد لهذين العنصرين لم يكن له تأثير في التطور السرطاني الناجم عن تناول أي من مركبات سموم الأفلا .

إن وجود سموم الأفلا في الغذاء يعمل على خفض محتوى الكبد من فيتامين أ في الدواجن ، ومن المحتمل أن يمتد ذلك إلى البلازما بما أنه يلاحظ انخفاض مستوى الكاروتينات (Carotenoids) فيها . إن النقص الغذائي لكل من الرايبوفلافين وفيتامين D3 يزيد من حساسية الدواجن لسموم الأفلا ، بينما نقص الثيامين يعمل على حماية الأفراخ من الآثار السلبية لوجود سموم الأفلا في الغذاء .

إن إعطاء فروج اللحم لمدة ثلاثة أسابيع مستويات متدرجة من سموم الأفلا أدى إلى حصول نقص في مستوى معظم فيتامينات مجموعة ب المركبة في البلازما الصفراء والكبد ، كذلك أدى ذلك إلى حصول نقص في مستوى جميع الأحماض

الأمينية في البلازما . لقد بلغ مستوى النقص في كل من مستويات الثيامين ، الرايبوفلافين ، فيتامين B6 ، حامض البانتوثنيك والكولين أكثر من (60%) في الغدة الصفراء ، بينما مستويات كل من فيتامين B6، حامض البانتوثنيك والكولين في البلازما تناقصت بمقدار يزيد عن (49%) .أما الثيامين ، فيتامين B6 ، حامض البانتوثنيك ، الكولين ، حامض الفوليك والنياسين فإن مستوياتها في الكبد تناقصت بما يزيد عن (19%) . وقد أدى إلى حصول هذا النقص الكبير في هذه العناصر الدقيقة ذات الأهمية الحيوية الكبيرة عند تناول الفروج لكمية من سموم الأفلا قدرها (5 مايكروغرام/ غم) من الغذاء . أما تناول الفروج لكمية من سموم الأفلا قدرها (2.5 مايكروغرام/غم) من الغذاء فقد تسبب في حصول نقص يزيد عن (37 %) من محتوى البلازما من كل من الأحماض الأمينية التالية : السستين ، السستايين ، الميثايونين ، الثريونين ، السيرين وحامض الأسبارتيك . بينما في حالة كل من الأحماض الأمينية التالية: الفالين ، اللايسين ، الليوسين ، الهستدين ، الهيدروكسي برولين والالانين فقد بلغ النقص أكثر من (19%) عند تناول نفس الكمية آنفة الذكر من سموم الأفلا مع الغذاء . إن هذه النتائج تشير إلى أن وجود سموم الأفلا في الغذاء يؤدي إلى حصول اضطراب كبير في عمليات التمثيل الحيوي المتعلقة بمجموعة فيتامينات ب المركبة والحوامض الأمينية .

العوامل المؤثرة في مدى تحسس الحيوانات الزراعية للسموم الفطرية :

للسموم الفطرية تأثيرات سلبية واضحة المعالم في الصحة العامة لغالبية أنواع الحيوانات ، ولكن يبدو أن تأثير هذه المركبات السامة يكون أكثر وضوحاً في الحيوانات الزراعية التي تعيش بشكل جماعي مثل أبقار الحليب ، أبقار اللحم والدواجن ، وربما يعزى ذلك بالدرجة الرئيسية إلى كون مثل هذه المجاميع من الحيوانات تعتمد في غذائها اليومي على استهلاك كميات كبيرة من الأعلاف المركزة . ولكن على أية حال ، فإن حالات التسمم بالسموم الفطرية تشكل تحدياً تشخيصياً صعباً للأطباء البيطريين ، وذلك لكون أن الأمراض الناجمة عن سموم الأعفان غالباً ما تكون محدودة وأن أعراضها ربما تكون مشابهة لتلك الناجمة عن بعض الإصابات المرضية التي تسببها الأحياء المجهرية الدقيقة ، أو أمراض النقص أو عدم التوازن الغذائي . كذلك فإن كل نوع من سموم الأعفان المعروفة ربما يؤثر

في أكثر من عضو أو جهاز من أجهزة الجسم في آن واحد في الحيوانات المتعرضة لهذه السموم مما يجعل عملية التشخيص أكثر صعوبةً.

وتتباين الحيوانات في مدى تحسسها لسموم الأعفان ، إذ تعتمد درجة التحسس على العديد من العوامل وهي :

1. العوامل الوراثية : وتشمل

أ. النوع

ب. السلالة

جـ. الصنف

د. الجنس

2. العوامل الفسلجية : وتشمل

أ . العمر

ب. مستوى التغذية

جـ. الإصابات المرضية الأخرى أو الحالة الصحية العامة .

3. العوامل البيئية : وتشمل

أ. الظروف المناخية

ب. إدارة الحيوانات

جـ. إدارة الأعمال المزرعية

أنواع التسمم بالسموم الفطرية :

عموما يمكن إجمال تأثيرات سموم الأعفان في الحيوانات الزراعية بثلاث أشكال مميزة وهي :

1. التسمم الحاد الأساسي.
2. التسمم المزمن الأساسي .
3. الأمراض الثانوية الناجمة عن التعرض المباشر أو غير المباشر لسموم الأعفان.

1. التسمم الحاد الأساسي :

إن التسمم الحاد بسموم الأعفان يسبب أعراضا مرضية واضحة أو ينجم عنه هلاك الحيوانات المصابة ، وغالباً ما يكون هناك تبايناً كبيراً في الأعراض الظاهرة على الحيوان وذلك اعتماداً على طبيعة السم الفطري وتركيزه في العلف

المستهلك . وغالباً ما تكون الأعراض الظاهرة مصاحبة لاستهلاك سموم الأعفان بتراكيز متوسطة أو عالية وإن هذه الأعراض تكون ذات صفات واضحة مثل التهاب الكبد ، النزف الدموي ، موت الخلايا في الجهاز الهضمي ، القصور الكلوي أو الموت .

إن سموم الأعفان تعد سامة للحيوانات إذا ما أعطيت بجرعة عالية مفردة أو جرعات متعددة أقل تركيزاً وينجم عن ذلك موت الحيوان . ويعبر عن ذلك كمياً بالجرعة القاتلة، وهي كمية السم اللازمة لوحدة وزن معين من جسم الكائن الحي التي تسبب هلاك (50%) من مجموع الحيوانات الذي يعد مقبولاً من الناحية الإحصائية . أما الجرعات الأقل من الجرعة القاتلة فتسبب درجات متباينة من المرض وتدهور الفعاليات الحيوية المزمن للحيوانات الزراعية .

هذا وتتباين الجرعة القاتلة تبعاً لنوع السم الفطري وذلك اعتماداً على نوع الحيوان ، الجنس ، العمر وكذلك تعتمد بشكل كبير على طريقة إعطاء السم الفطري : عن طريق الفم ، الحقن بالوريد ، الحقن في الغشاء البريتوني وتتأثر كذلك بنوع المذيب المستخدم ، وجود أنواع أخرى من سموم الأعفان ، تركيب العلف وغيرها من العوامل الأخرى .

وتشير الدراسات البايولوجية إلى أن التسمم الحاد بسموم الأعفان يتسبب في التأثير في كل أعضاء وأجهزة الجسم وكما مبين أدناه :

أ - الدورة الدموية : الأوعية الدموية تصبح هشة ، حصول نزيف دموي في أنسجة الجسم (سموم الأفلا ، الديكومارين) .

ب - الجهاز الهضمي : الإسهال ، النزيف المعوي ، سرطان الكبد وموت خلاياه ، تضخم قنوات الغدة الصفراء وتليفها (سموم الأفلا) ، تآكل الأغشية المخاطية (سموم T-2) رفض تناول العلف (الفوميتوكسين) .

جـ - الجهاز التنفسي : تضخم الغدد التنفسية (مركب الأبومينول 4) .

د - الجهاز العصبي : فقدان التوازن ، ارتعاش الجسم ، الإغماء (سموم الترمورجين ، الأيرجوتامين والقلويدات المماثلة) .

هـ - الجلد : تحسس الجلد للضوء (السبوريدزمين) ، موت الخلايا وسقوط الأطراف (الأرجوت).

و - الجهاز البولي: القصور الكلوي (سموم الأوكرا ، السترنين) .

ز - الجهاز التناسلي : العقم ، طول دورة الشبق (الزيرالينون ، T-2) .

إن جميع التأثيرات آنفة الذكر قد تم إحداثها مختبرياً كما تمت ملاحظتها ميدانياً . ولكن بصورة عامة قلما تحدث حالات التسمم الحاد ميدانياً وذلك لأن مستوى سموم الأعفان في الأعلاف الحيوانية غالباً ما يكون دون المستوى المطلوب لإحداث حالات التسمم الحاد ، ولكن تسجل بين الحين والآخر حدوث ثورات مرضية ناجمة عن مثل هذه الأسباب ولكنها تكون دائماً محصورة الحدوث وذات أعراض مرضية محددة .

2. التسمم المزمن الأساسي :

إن الغالبية من حالات التسمم بسموم الأعفان تكون حالات مزمنة وذلك لكون مستوى تلوث مصادر الغذاء بالسموم الفطرية لا يكاد يكون كافيا لإحداث حالة التسمم الحاد . ولكن مما يزيد الأمر تعقيدا في حالات التسمم المزمن هو محدودية الأعراض الظاهرة على الحيوانات مما يجعل من مهمة تشخيص هذه الحالات أمرا صعبا .

إن أعراض التسمم المزمن التي تلاحظ في الحيوانات الزراعية غالبا ما تكون متمثلة بتدهور نسبي في معدلات النمو ، تدني كفاءة تحويل الغذاء ، انخفاض القيمة النوعية للمنتج النهائي . وبصورة عامة تختلف الأعراض التي تلاحظ على الحيوانات الزراعية تبعا لمستوى السم الفطري (الجدول 6-1) .

الجدول(6-1):تأثير التسمم المزمن بسموم الأفلا في المعايير الإنتاجية للحيوانات الزراعية.

نوع الحيوان	مستوى سموم الأفلا في العلف مايكروغرام/كغم	نوع التأثير
العجول	110	انخفاض معدل الزيادة الوزنية
العجول	200	نزيف دموي وزيادة وقت تخثر الدم
الثيران	700	انخفاض معدل الزيادة الوزنية
الأبقار	1500	انخفاض إنتاج الحليب
فروج اللحم	1000-500	تدهور معدل الزيادة الوزنية ومعامل التحويل الغذائي واستهلاك العلف
فروج اللحم	625	الإصابة بالكدمات وتدهور المناعة
فروج اللحم	2500	نزيف دموي،زيادة وقت تخثر الدم

دجاج البيض	8000-200	انخفاض إنتاج البيض
فروج الدجاج الرومي	250	تدهور الزيادة الوزنية،انخفاض المناعة

3.الأمراض الثانوية الناجمة عن التعرض للسموم الفطرية :

إن تناول الحيوانات الزراعية لبعض السموم الفطرية بمستويات واطئة يمكن أن يقود إلى حصول خلل في المناعة الطبيعية أو المكتسبة ضد المسببات المرضية مما يسبب خسائر اقتصادية منشئها تدهور الصحة العامة فضلاً عن فشل عمليات التلقيح الوقائي ضد مختلف الأمراض . ومن وجهة النظر الطبية البيطرية فإن وجود السموم الفطرية في أعلاف الحيوانات الزراعية يمكن أن يعمل على هدم النظام المناعي الخلوي أو يسبب عجزاً ،أو ربما توقفا، في إنتاج الأجسام المضادة داخل جسم الحيوان ، وفي كلتا الحالتين فإن الأمر يعني تدهور القدرة المناعية لمثل هذه الحيوانات مما يجعلها أكثر عرضة للإصابات المرضية . وتشير الملاحظات الميدانية المباشرة إن استهلاك أي من مركبات سموم الأفلا يزيد من حساسية الدجاج للإصابة بالعديد من الأمراض الفتاكة مثل الكوكسيديا ، تيفوئيد الدواجن ومرض الميرك ، ولكل من مرضي الكوليرا والتيفوئيد في الدجاج الرومي .

ومن الملفت للنظر إن مستويات السموم الفطرية اللازمة لإحداث فشل في عمل الجهاز المناعي تكون أقل بكثير من تلك اللازمة لأحداث حالات التسمم المزمن ، كذلك تتباين أنواع السموم الفطرية في كيفية تأثيرها في آلية عمل الجهاز المناعي .

أنواع السموم الفطرية :

في هذا الفصل سوف نتناول خمسة مجموعات رئيسية من السموم الفطرية ، والسبب في ذلك يعود إلى وفرة المعلومات الموثقة عن هذه المجموعات ، فضلاً عن ذلك فلقد تناولها الباحثون بالدراسة والبحث المعمقين وجمع المعلومات الميدانية عن طبيعتها ، تراكيبها الكيماوية ، مواصفاتها الفيزياوية، وتأثيرها في مختلف الفعاليات الحيوية للبائن والطيور الداجنة ، وتشمل هذه المجموعات الرئيسية ما يلي :

1. سموم الأفلا .

2.سموم الأوكرا .
3.الزيرالينون .
4.مجموعة الترايكوثسينات .
5.الأرجوت .

وسوف نتطرق فيما يلي بشيء من التفصيل إلى تأثير هذه المجموعات المختلفة من المركبات السمية في الفعاليات الحيوية للكائنات الحية الراقية من اللبائن والدواجن .

1.سموم الأفلا : Aflatoxins

تنتج هذه المجموعة من السموم الفطرية من قبل سلالات معينة للعفن *A. flavus* والعفن *A.parasiticus* . إن هذه الأعفان واسعة الانتشار ، عليه فإن احتمال تلوث الأغذية والمواد العلفية الأولية بها وبالتالي بسمومها يكون كبيراً . إن حدوث التلوث بسموم الأفلا وعظم تركيزه في مختلف مصادر الغذاء البشري والحيواني يتباينان مع اختلاف الموقع الجغرافي وطبيعة عوامل البيئة السائدة في كل موسم زراعي ، وكذلك نوع الظروف التي تم تحتها إنتاج مختلف المحاصيل الزراعية ابتداء من زراعتها إلى حصادها ثم خزنها .

إن المحاصيل الزراعية المنتجة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية تكون أكثر عرضة للتلوث بالأعفان المشار إليها آنفا وسمومها من تلك المنتجة في المناطق المعتدلة من العالم ، إذ إن الظروف السائدة في المناطق الحارة وشبه الحارة تكون أكثر ملائمة لدعم نمو الأعفان وإنتاجها للمركبات السمية حيث تزداد الرطوبة النسبية وترتفع درجة الحرارة البيئية.

من جهة أخرى تعمل الإصابات الحشرية والتلف الميكانيكي للمحاصيل الزراعية على تسهيل مهمة أصابتها بالأعفان حيث إن مثل هذه الأضرار تسهل دخول سبورات الأعفان إلى داخل النبات أو البذور حيث تبدأ نموها وبالتالي إنتاجها للسموم الفطرية ، ويمكن لمثل هذه الإصابات بالأعفان المنتجة للسموم إن تحدث قبل الحصاد ، خلاله أو أثناء خزن المحصول أو تداوله.

امتصاص سموم الأفلا وتحركها في الجسم :

بالرغم من عدم توفر المعلومات الكافية حول امتصاص سموم الأفلا في

الوقت الحاضر ، ولكن مما لا شك فيه إن الأمراض الناجمة عن التعرض لمجموعة سموم الأفلا في الإنسان والحيوانات الزراعية تكون مصاحبة لتناول مصادر الغذاء الملوثة بهذه المركبات السامة التي يتم امتصاصها في القناة الهضمية .

وقد تبين من الدراسات المختبرية إن للجسم القابلية على استبقاء سموم الأفلا مما يؤدي إلى تراكمها فيه ، وإن الغالبية العظمى من كمية سموم الأفلا التي يتم امتصاصها في القناة الهضمية يتم استبقائها في الكبد حيث وجد من التحاليل المختبرية إن الكمية الموجودة في هذا العضو تعادل مجموع ما هو موجود من هذه المركبات السمية في بقية أجزاء الجسم الأخرى . وفي الدواجن وجد إن إعطائها أعلاف تحتوي على كمية من سموم الأفلا تتراوح ما بين (25-1500 مايكروغرام / كغم من العلف) ، ولمدة ثمانية أسابيع ، وجد إن المتبقي في الكبد من سم الأفلا من النوع B1 يمثل أعلى مستوى لوجوده في الجسم وكان متوسط الكمية الموجودة في هذا العضو زهاء (15 مايكروغرام/كغم) وذلك عند تغذية الطيور على الأعلاف المحتوية للحد الأعلى من مستوى سموم الأفلا المشار إليه آنفا . كذلك وجد بقايا لهذا السم الفطري في العضلات والكلية .

أما بالنسبة للإنسان ، فقد وجد نتيجة لتحليل عينات من أنسجة الكبد إن مستوى سم الأفلا من النوع B1 في هذه العينات تراوح ما بين (1.6-520 مايكروغرام/كغم من وزن الكبد) وذلك بالنسبة للمصابين بسرطان الكبد أو المستقيم ومجموعة أخرى من الأمراض المتنوعة .

التحولات الحيوية لسموم الأفلا :

بالنسبة للتحولات الحيوية التي تحدث للسموم الفطرية داخل الجسم ، تشير نتائج الدراسات إلى إن سم الأفلا من النوع B1 يتم تحويله إلى عدة مركبات أيضية ثانوية وإن أحدها وهو سم الأفلا من النوع M1 يعد من المركبات شديدة السمية ، وبالرغم من الخاصية السمية لهذا المركب الثانوي فإن للجسم القابلية لإبطال مفعوله السمي وذلك من خلال ارتباطه بحوامض الغدة الصفراء في الكبد قبل طرحها في كيس الصفراء أو مع البول . كذلك تبين حديثاً إن هناك مركبين أيضيين ثانويين آخرين من سموم الأفلا هما P1 و Q1 يمران بنفس التحولات لإبطال مفعولهما السمي .

يتم في الكبد تحويل سم الأفلا من النوع B1 إلى الأفلاتوكسكول (الشكل 6-

2) وكذلك إلى الأفلاتوكسكول H1 من خلال المركب الأيضي الثانوي سم الأفلا من النوع Q1 . وتتم هذه التحولات من خلال مساعدة الأنزيمات الموجودة في الكبد . ولقد وجد إن خلايا الكبد لبعض أنواع الطيور والقوارض لها فعالية كبيرة في تحويل سمي الأفلا من النوعين B1 و G1 إلى المركبات الأيضية الثانوية التي تدعى B2a و G2a ، ولهذه المركبات القدرة العالية للارتباط بالبروتينات في الجسم الحي ، وتؤدي إلى التسبب في الكثير من التأثيرات السلبية الحادة المصاحبة لحالات التسمم بهذه المركبات .

التحولات الحيوية لسموم الأفلا في الكبد :

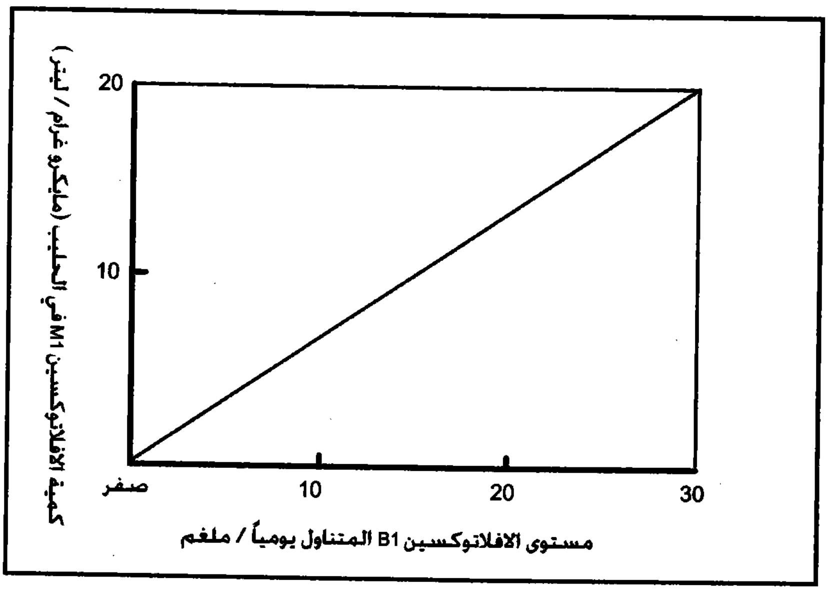
يسود الاعتقاد حالياً بين الباحثين إن التحولات الحيوية للسموم الفطرية داخل الجسم تكون أكثر تطوراً في بعض الكائنات الحية الراقية مقارنة بغيرها من الكائنات الراقية الأخرى ، وفي ضوء ذلك جرت عدة محاولات لدراسة مدى الترابط الموجود بين قدرة الكبد لتمثيل السموم الفطرية إلى مركبات ربما تكون غير سامة ودرجة سمية هذه المركبات . وحديثاً اقترح في ضوء النتائج المتحصل عليها إن التمثيل المتعاكس لمركب الأفلاتوكسكول ، الذي يعتقد الباحثون أنه يمثل خزيناً احتياطياً من مولدات سموم الأفلا ، يكون مرتبطاً بدرجة حساسية الكبد للإصابة بالسرطان . وعلى هذا الأساس يقترح الباحثون بشيء من الحذر إن كبد الإنسان ربما يكون أكثر مقاومة للتسرطن الناتج عن السموم الفطرية مقارنة بالكائنات الحية الأخرى ، وعلى الأخص الجرذان .

إفراز سموم الأفلا :

تشير الدراسات إلى إن استخدام سم الأفلا من النوع B1المؤشر بالكربون 14 المشع في الجرذان كنموذج مختبري ، فقد لوحظ إن الجرذ المعطى جرعة من السم الفطري عن طريق الغشاء البريتوني يقوم بإفراز (70-80%) منها خارج الجسم خلال مدة (24) ساعة . وكان المسار الرئيسي لإفراز السم الفطري المؤشر بالكربون 14 المشع هو عن طريق إفرازات الغدة الصفراء مع فضلات الجهاز الهضمي وتمثل نسبتها حوالي (60%) من الكمية المطروحة ، وإن (20%) تم طرحها عن طريق الجهاز البولي ، وتم طرح نسبة لا تكاد تذكر عن طريق هواء الزفير .

أما بالنسبة لإفراز السموم الفطرية في الحليب فقد تبين من الدراسات

الميدانية حول تناول كل من الأبقار ، الأغنام والماعز للأغذية الملوثة بسم الأفلا من النوع B1 أنه يظهر في حليبها على شكل سم الأفلا من النوع M1. وقد وجد أنه في الأبقار هناك علاقة خطية (الشكل6-2) ما بين كمية سم الأفلا من النوع B1 الذي تتناوله البقرة يومياً ومستوى سم الأفلا من النوع M1 الذي يظهر في الحليب ، وهذا يشير إلى إن زهاء (1,5%) من كمية سم الأفلا من النوع B1 يتم إفرازها على شكل المركب الأيضي الثانوي سم الأفلا من النوع M1 ، وإن تركيز سم الأفلا من النوع M1 يمثل (300/1) من تركيز سم الأفلا من النوع الأساسي B1 الموجود في علف الأبقار . من جهة أخرى وجد إن حليب الأبقار والأغنام يحتوي على كميات قليلة من سم الأفلا من النوع B1 الذي لم يتعرض إلى أي نوع من التحولات الحيوية أو التمثيلية داخل جسم الحيوان .



الشكل(6-2) :منحنى يوضح العلاقة الخطية ما بين كمية سم الأفلا من النوع B1 المتناولة من قبل البقرة في علفها وكمية سم الأفلا من النوع M1 الظاهرة في الحليب الذي تنتجه .

أما في الإنسان فقد وجد إن هناك كميات من سم الأفلا من النوع M1 في البول المتحصل عليه من الأشخاص الذين سبق وإن تناولوا زبدة فستق الحقل الملوثة أصلا بسموم الأفلا .

تأثير سموم الأفلا في الفعاليات الحيوية للحيوانات :

منذ إن تم اكتشاف سموم الأفلا اتخذت الدراسات الخاصة بهذه المركبات السمية مسارين أساسيين هما:

1- الدراسات الميدانية المباشرة .

2- الدراسات المختبرية للتعرف على تأثيرات هذه السموم في مختلف أجهزة الجسم وفعالياتها الحيوية تحت ظروف مسيطر عليها . وفيما يلي شرحاً لكل من هذين المسارين :

1 - الدراسات الميدانية :

عند تعرض الأغذية إلى التلف الميكروبي بمختلف أنواعه فإن الإنسان بطبيعته يقوم باستبعاد الأجزاء المصابة وتناول الأجزاء السليمة منها أو تلك الأقل تلفاً . بينما تتعرض الحيوانات الزراعية بسبب عدم قدرتها على الاختيار إلى تناول أعلاف أكثر تلوثاً وتلفاً بسبب النمو الميكروبي، سواء من البكتريا أو الأعفان، عليها وما قد يخلفه هذا النمو من سموم ، وهذا ما يفسر سبب اكتشاف العديد من السموم الفطرية اعتماداً على الملاحظات الميدانية المأخوذة عن الحيوانات الزراعية .

إن أول ملاحظة لمرض ظهر على الحيوانات الزراعية وكان ظهوره مصاحباً لوجود سموم الأفلا هو نشوب ثورة مرضية حادة مميتة تسببت في هلاك أكثر من (100000) فروج رومي في بريطانيا عام (1960) ، وقد تبين من الأبحاث المكثفة في حينه إن سبب ذلك يعود إلى وجود سموم الأفلا في شحنة من كسبة فستق الحقل المستوردة من البرازيل التي استخدمت في إعداد العلف الخاص بفروج الرومي ، وكان مستوى سم الأفلا من النوع B1 في هذه الشحنة زهاء (10 ملغم/كغم) ، وكانت الأعراض الرئيسية لهذه الإصابة المرضية الحادة هي : التدهور السريع في حالة الطائر العامة ، نزيف تحت الجلد ثم الموت ، وقد تبين من إجراء الصفة التشريحية إن الكبد في الطيور الميتة كان شاحباً ودهني المظهر وأن هناك تنخراً في خلايا الكبد واسع الانتشار وتضخم كل من قنوات وكيس الصفراء . ولوحظ حالة مماثلة في أفراخ البط عند تغذيتها على أعلاف محتوية على سموم الأفلا ، غير أن الأعراض التشريحية التي لوحظت آنفا على الكبد في فروج الرومي أشارت إلى حدوث حالة تشحم الكبد . وكذلك الحال بالنسبة لأفراخ الدجاج التي أعطيت أعلاف محتوية على سموم الأفلا .

أما في الماشية ، فقد تبين إن تغذية العجول الصغيرة على أعلاف محتوية على سموم الأفلا تسبب في حدوث تلف في أنسجة الكبد وكان على شكل تليف الخلايا ويصاحبها تضخم في قنوات الصفراء . ولوحظت أعراض مماثلة في المواشي الأكبر سناً بالرغم من أنها أكثر مقاومة لسموم الأفلا ورافق ذلك هبوط في إنتاج الحليب .

أما في الإنسان ، فقد لوحظ إن تناول الأغذية الملوثة بشدة بسموم الأفلا يتسبب في حدوث التهاب الكبد التسممي . وغالباً ما تكون هذه الإصابات على أشدها في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم حيث قلما يعار لعملية خزن السلع الغذائية أهمية كبيرة وذلك بغية منع نمو الأعفان وبالتالي الحد من إنتاجها للسموم الفطرية في مثل هذه السلع الغذائية .

2 - الدراسات المختبرية التجريبية :

أ -التأثيرات الحادة والمزمنة (تسمم الكبد) :

تتباين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية في تأثرها بالتسمم الحاد بسموم الأفلا حيث تتراوح الجرعة القاتلة التي تسبب هلاك أكثر من (50%) من العينة المختبرية تحت الدراسة ما بين (0.3-17.9 ملغرام/كغم) من وزن الجسم الحي (الجدول 6-2) . وفي جميع الدراسات المختبرية تبين إن الكبد يكون الهدف الأساسي لمهاجمة هذه السموم الفطرية وغيرها. وقد تمكن الباحثون من إعادة إحداث نفس الأعراض المرضية التي تمت ملاحظتها في الدراسات الميدانية وذلك عند تغذية مختلف الحيوانات المستخدمة في الدراسات المختبرية على أغذية ملوثة أصلا بالسموم الفطرية أو استخدام تراكيز معينة من السموم الفطرية النقية .

الجدول (6-2) : الجرعة القاتلة من مركبات سموم الأفلا التي تسبب هلاك أكثر من (50%) من مختلف الحيوانات .

نوع الحيوان	الجرعة القاتلة (ملغم / كغم من وزن الجسم)
جنين الدجاج	0,025
الأرنب	0,03

أفراخ البط	0,335
القط	0,55
الخنزير	0,62
الكلب	1,0-0,5
الأغنام	1,0
خنزير غينيا	1,4
قرد البابون	2,0
ذكر الجرذ	7,2
القرد الآسيوي	7,8
الفار	9,0
أنثى الجرذ	17,9

من جهة أخرى وجد إن إعطاء سم الأفلا من النوع B1 بتركيز قدره (6.1) جزء بالمليون مع العلف تسبب في تدهور معدل النمو لفروج اللحم بمقدار (25%) مقارنة بما هو عليه الحال بالنسبة للأفراخ المغذاة على عليقة خالية من السم الفطري المذكور .

وتشير الدراسات إلى إن أفراخ الدجاج النامية تكون أقل حساسية لمركبات سموم الأفلا من مثيلاتها من أفراخ البط ، الإوز ، طائر الذيال (الفيزانت) ، وإن أشد أنواع الدواجن تأثراً بهذه المركبات السمية هي أفراخ الدجاج الرومي . من جهة أخرى وجد إن احتواء أعلاف الدجاج المنتج للبيض على مستوى من سموم الأفلا يزيد عن (2) جزء بالمليون يعمل على خفض معدل إنتاج البيض ووزن البيضة .

وبصورة عامة ، تؤدي سموم الأفلا إلى اضطراب عمليات التمثيل الغذائي داخل جسم الدواجن ، وعلى الأخص تمثيل الفيتامينات الذائبة في الدهن والدهون نفسها ، وكذلك تمثيل بعض العناصر المعدنية مثل الكالسيوم والفسفور الأمر الذي يتسبب في تدهور نوعية قشرة البيضة وإصابة الطيور بالكساح . فضلاً عن ذلك لوحظ زيادة الوقت اللازم لتخثر الدم ، زيادة نسبة الإصابة بالكدمات والنزف تحت الجلد بسبب ضعف جدران الأوعية الدموية الشعرية .

إن المشاكل الناجمة عن تعرض الدواجن لسموم الأفلا مسألة في غاية التعقيد ، حيث يتباين تأثير هذه السموم تبعاً لمستوى سموم الأفلا في العلف ونوع الطائر ، فالمستويات الواطئة منها تسبب تخلفاً في معدلات النمو وتدهور معامل التحويل الغذائي، أما المستويات العالية فتسبب حالات التسمم الحاد وحصول نسبة عالية من الهلاكات ، أما في الدجاج المنتج للبيض فيتسبب وجود سموم الأفلا في العلف بانخفاض كمية البيض المنتج ويرافق ذلك زيادة في كمية العلف المستهلك مما يشير إلى تدهور واضح في كفاءة الاستفادة من طاقة الغذاء ، فضلاً عن حصول قصور في عملية امتصاص الدهون . ولكن لم تتضح لحد الآن التأثيرات السلبية لمركبات سموم الأفلا في مختلف أنسجة الجسم في الدواجن .

ب- التسمم الكبدي المرتبط بتأثر أعضاء الجسم الأخرى :

هناك العديد من أعضاء الجسم الأخرى التي يظهر عليها أعراض التأثر بالسموم الفطرية إلى جانب الكبد وذلك في حالة إعطاء الحيوانات المختبرية جرعات عالية من هذه المركبات ، فعلى سبيل المثال تبين إن إعطاء إناث الجرذان جرعة مفردة من سم الأفلا من النوع B1 قدرها (17.9 ملغم/ كغم) من وزن الجسم وإعطاء الذكور جرعة مفردة قدرها (7.2 ملغم / كغم) من وزن الجسم تسببت في هلاك نصف الحيوانات ، وقد صاحب ذلك حدوث نزف في غدة الأدرينال وبقع نزفية في عدة أعضاء أخرى من الجسم ، وكانت هذه البقع النزفية أكثر وضوحاً في الرئتين اللتين بدتا محتقنتين أيضا ، كما لوحظ حدوث بقع تنخرية (necrosis) في أنسجة القلب ، الطحال والكليتين ، وقد لوحظت هذه الأعراض بعد أيام قليلة من إعطاء الجرع المشار إليها آنفا . ولكن لم تلاحظ هذه الأعراض عند إعطاء ذكور أو إناث الجرذان جرعة من سم الأفلا من النوع B1 قدرها (3.5 ملغرام/كغم) من وزن الجسم . وتشير نتائج الدراسات في هذا المجال أنه كلما ارتفعت كمية الجرعة المعطاة من سم الأفلا من النوع B1 كلما كان تأثر الأعضاء أكثر شدة حيث يزداد ظهور البقع النزفية في شتى أنحاء الجسم كما يحدث تراكم الدم في تجويف الأمعاء الدقيقة والغليظة ، وصاحب ذلك حدوث استسقاء وارتشاح مصلي في الأغشية البريتونية ، وذلك خلال فترة أسبوع من إعطاء الجرعات العالية من هذا السم الفطري .

في القرد الآسيوي فقد نتج عن إعطاء جرعات فموية من سم الأفلا من النوع

B1 قدرها (13.5) أهمية (40.5) ملغم/كغم من وزن الجسم هلاك كافة القرود خلال فترة (149) يوما، وقد صاحب إعطاء الجرعات السمية من هذا المركب إصابة الحيوانات بالتقيؤ ، الإسهال ، السعال والإغماء ، وهي من الأعراض السريرية التقليدية للتعرض للسموم الفطرية بجرعات عالية . وتبين من تحاليل الدم أن هناك تناقصاً في كمية الفوسفولبيدات الموجودة في مصل الدم وأن هذا التناقص يتناسب مع كمية سم الأفلا من النوع B1 المعطى للحيوان ، ولوحظ مثل هذا التأثير بعد مرور (24) ساعة على إعطاء الجرعة السامة للقرود . وبعد مرور (72) ساعة على إعطاء سم الأفلا المذكور آنفا حصل تناقص مضطرد في كمية سكر الكلوكوز وزيادة في كمية الأحماض الدهنية غير المحتوية على جذر الأيستر الموجودة في مصل الدم . أما الفحص النسيجي للكبد فقد كشف عن حدوث تلف في النسيج المركزي لفصوص الكبد وتضخم قنوات الصفراء كما لوحظ في كل من القلب والكليتين موت الخلايا نتيجة لزيادة ترسيب الدهون فيها وحلولها محل سايتوبلازم الخلية. فضلاً عن ذلك حصل ارتشاح مصلي في الدماغ وتلف الخلايا العصبية .

ت- التسرطن :

نال التأثير المسرطن لسموم الأفلا اهتمام الباحثين بشكل واسع ، وتشير نتائج الدراسات المتحصل عليها أن إعطاء سموم الأفلا وخاصة النوع B1 ، عن طريق الفم أدى إلى حصول سرطانات في الكبد لكافة الحيوانات التي تمت دراستها لحد الآن ، باستثناء الفئران ، حيث لوحظ من الدراسات أن فقط إعطاء جرعة سموم الأفلا عن طريق الغشاء البريتوني تسببت في حصول سرطانات الكبد (الجدولين 6-3 ، 6-4). ولقد لاحظ الباحثون أن هناك علاقة خطية مستقيمة ما بين جرعة سموم الأفلا ومدى حدوث سرطانات الكبد عند تغذية الجرذان على أعلاف تحتوي على كمية من سم الأفلا من النوع B1 تتراوح ما بين (1-100) مايكروغرام /كغم (الجدول 6-5) حيث كانت النسبة المئوية لحدوث السرطانات في أكباد الجرذان المغذاة على علف محتوي على 1 مايكروغرام من السم الفطريB1 / كغم زهاء (10%)، بينما ارتفعت هذه النسبة إلى (100%) في حالة الجرذان التي أعطيت جرعة من ذات السم الفطري قدرها (100) مايكروغرام/كغم من العلف وذلك بالمقارنة مع الجرذان التي أعطيت عليقه خالية من سم الأفلا المذكور آنفا.

الجدول (6-3) : العلاقة بين السلالة أو الهجين ومدى التأثر بسم الأفلا من النوع B1 في القوارض .

النوع	السلالة أو الهجين	مقدار جرعة سم الأفلا من النوع B1 في العلف	مدة إعطاء السم الفطري/أسبوع	طول مدة التجربة/ أسبوع	نسبة حدوث سرطان الكبد%
الجرذ	-	1 ملغم/كغم	33	52	50
الجرذ	Fischer	1 ملغم/كغم	64-41	64-41	85، 7
الجرذ	Porton	1 ملغم/كغم	20	90	63، 3
الجرذ	Wistar	1 ملغم/كغم	21	87	85، 7
الفار	Swiss	150 ملغم/كغم	80	80	صفر
الفار	C57B1 /6NB	1 ملغم/كغم	80	80	صفر
الفار	C3HfB /HEN	1 ملغم/كغم	80	80	صفر
الفار	Hybrid F1	6 مايكروغرام/غم من وزن الجسم	3 جرعات في البريتون	80	100

الجدول (6-4) : إفراز سم الأفلا من النوع B1 في حدوث الأورام السرطانية في الكبد لعدة إنواع من الحيوانات من غير القوارض .

النوع والسلالة	جرعة السم المعطاة	مدة إعطاء السم	مدة التجربة	نسبة حدوث أورام الكبد %
القرد(ذكر) Rhesus	جرعة كلية 1.655 غم	5.5 سنة	8 سنة	100
القرد (أنثى) Rhesus	جرعة كلية 1.655 غم	5.5 سنة	10.75 سنة	100
القرد (أنثى) Rhesus	جرعة كلية 0.504 غم	6 سنة	8 سنة	100
قرد المارموسيت	جرعة كلية 3 ملغم	50-55 أسبوع	55-50	33.3

			أسبوع	
قرد المارموسيت	جرعة كلية 5.04 – 5.84 غم	87-94 أسبوع	87-94 أسبوع	100
البط	30 مايكروغرام/كغم علف	14 شهر	14 شهر	72.7
سمك التروت	4 مايكروغرام/كغم علف	12 شهر	12 شهر	15
سمك التروت	8 مايكروغرام/كغم علف	12 شهر	12 شهر	40
سمك السلمون	12 مايكروغرام/كغم علف	20 شهر	20 شهر	50
جنين سمك التروت	0.5 ملغم/كغم ماء	ساعة واحدة	296-321 يوم	38

الجدول (6-5) : العلاقة بين مستوى سم الأفلا من النوع B1في الغذاء ونسبة حدوث الأورام السرطانية في الكبد في ذكور جرذان فيشر .

مستوى سم الأفلا من النوع B1 في الغذاء (مايكروغرام/كغم)	مدة التغذية على العلف الملوث/أسبوع	نسبة حدوث الأورام السرطانية في الكبد %	الوقت اللازم لظهور أول ورم سرطاني/أسبوع
صفر	74-109	صفر	صفر
1	78-105	9.1	104
5	65-93	4.6	93
15	69-96	19.1	96
50	71-97	80	82
100	54-88	100	54

من جهة أخرى وجد أن هنالك علاقة ما بين التراكيب الكيماوية للسموم

الفطرية وقابليتها لإحداث الأورام السرطانية في الكبد ، وتشير نتائج الدراسات إلى أن سم الأفلا من النوع B1 يعد عاملاً مسرطناً أشد قوة من سم الأفلا من النوع G1 وأن كلاً من المركبين B1 و G1 يعدان أكثر فعالية في هذا المجال من سم الأفلا من النوع B2 (الجدول 6 - 6) .

الجدول (6-6) : العلاقة بين نوع سم الأفلا ومدى حدوث الأورام السرطانية في كبد الجرذان وأعضاء أخرى عند إعطائه في ماء الشرب .

نوع سم الأفلا	تركيزه في الماء مايكروغرام/مل	المدة/ أسبوع	الجرعة الكلية ملغم/جرذ	عدد الحيوانات والجنس	نسبة الإصابة بالأورام السرطانية %		
					الكبد	الكلية	أخرى
B1	1	20	2	15 ذكر	53.3	13.3	26.7
B1	1	20	2	15 أنثى	73.3	صفر	6.7
B1	1	10	1	10 ذكر	30.0	صفر	20.0
G1	3	20	6	11 ذكر	81.8	54.5	45.5
G1	3	20	6	15 ذكر	80.0	صفر	20.0
G1	1	20	2	15 ذكر	13.3	33.3	13.3
G1	1	20	2	15 أنثى	6.7	صفر	46.7
G1	1	10	1	10 ذكر	10.0	صفر	10.0
B2	1	10	1	10 ذكر	صفر	صفر	20.0
ماء نقي	صفر	صفر	صفر	15 ذكر	صفر	صفر	صفر
ماء نقي	صفر	صفر	صفر	15 أنثى	صفر	صفر	صفر

إلى جانب الأورام السرطانية في الكبد الناجمة عن تناول الحيوانات المختبرية لسموم الأفلا ، فقد لوحظ حصول مثل هذه الأورام في أماكن أخرى من الجسم مثل : القولون ، المعدة الغدية ، اللسان ، المريء والقصبات الهوائية ، وذلك بعد إعطاء هذه الحيوانات جرعات من بعض أنواع مركبات سموم الأفلا (B1 , B2 , G1 , G2) أما تحت الجلد ، في الغشاء البريتوني ، أو من خلال القصبات الهوائية .

ث - تأثير سموم الأفلا على الأجنة خلال فترة الحمل وعلى المواليد :

من الدراسات المختبرية على الجرذان لوحظ أن تعرض الإناث الحوامل أو المرضعة إلى سم الأفلا من النوع B1 سبب ظهور أورام سرطانية خبيثة في الكبد سواء بالنسبة للأجنة داخل الرحم أو المواليد التي تناولت الحليب من الأمهات المغذاة على علف يحتوي على السم الفطري من النوع المذكور آنفا .

ج - تشوه الأجنة :

تشير الدراسات إلى أن تعرض الإناث الحوامل في بعض أنواع الحيوانات اللبونة المختبرية إلى سم الأفلا من النوع B1 أدى إلى حدوث تشوهات خلقية في عدد كبير من الأجنة فضلاً عن ذلك تسبب في هلاك نسبة عالية من الأجنة أيضا .

ح - الطفرات الوراثية :

يسبب سم الأفلا من النوع B1 حدوث خلل في الكروموسومات وتكسر الحامض النووي (DNA) في الخلايا النباتية والحيوانية كما أدى إلى حدوث طفرات جينية عند استخدام البكتيريا في هذا الاختبار . ولكن لم يلاحظ حصول أي طفرات وراثية عند إعطاء سم الأفلا من النوع B2 إلى الفئران عن طريق الغشاء البريتوني .

خ - المناعة :

تشير نتائج الدراسات إلى أن لسموم الأفلا خواص تثبيط المناعة ، وربما يكون ذلك مرتبطاً بتأثيرها المثبط لتكوين البروتين في الجسم . ومما يؤكد ذلك ، تبين أن إعطاء الدواجن جرعات من سموم الأفلا تتراوح ما بين 0.25-0.5 ملغم/كغم من العلف تسبب في انخفاض مناعة الطيور ضد الإصابات البكتيرية والفيروسية مثل بكتريات الباستوريلا والسالمونيلا ، فيروس مرض الميرك ، والطفيلية مثل الكوكسيديا .

د - الكفاءة التناسلية:

لم يحظى الجهاز التناسلي والكفاءة التناسلية ومدى تأثرهما بالسموم الفطرية بالكثير من الدراسة والبحث، ولكن تشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن وجود

مركبات سموم الأفلا في غذاء ديكة الدجاج تسبب في حدوث اضطرابات عديدة في صفاتها التناسلية، فقد تبين أن وجود سموم الأفلا في الغذاء أدى إلى تناقص حجم الخصية (الجدول 6-7) وقد وجد أن التدهور في حجم الخصية ناجم عن التأثير المباشر لسموم الأفلا في هذا العضو وليس كتأثير ثانوي مرافق لتناقص وزن الجسم الناجم عن تناول هذه المركبات السمية من قبل الديكة في غذائها. فضلاً عن ذلك لوحظ حدوث انخفاض كبير في مستوى هرمون التيستوستيرون (Testosterone) الموجود في مجرى الدم سواءً في الديكة الناضجة أو غير الناضجة جنسياً ، كما رافق ذلك حصول خلل كبير في مستوى بقية الهرمونات الجنسية الأخرى، وهذا ما يفسر تأخر وصول الذكور إلى عمر النضج الجنسي في وقته الطبيعي. وعموماً يلاحظ أن هناك تبايناً في شدة تأثير مركبات سموم الأفلا في الصفات آنفة الذكر وذلك اعتماداً على عمر الطائر عند تعرضه لمركبات سموم الأفلا، وكذلك مستوى هذه المركبات السمية في الغذاء. وتبين من النتائج المتوفرة أن الجهاز التناسلي للديكة من السلالات الخفيفة يكون أكثر تأثراً بمركبات سموم الأفلا مقارنة بما هو عليه الحال بالنسبة للجهاز التناسلي في الديكة من السلالات الثقيلة ، إذ وجد أن إعطاء مركبات سموم الأفلا في الغذاء بمقدار 20 مايكروغرام / غرام من العلف لمدة 4-5 أسابيع نجم عنه تدهور حجم الخصيه وانخفاض حجم السائل المنوي المنتج وكذلك حدوث خلل واضح في تركيب أنسجة الخصيه لديكة اللكهورن، بينما لم يلاحظ حدوث أي تغير في المعايير آنفة الذكر بالنسبة لديكة أباء فروج اللحم عند تعرضها لنفس الكمية من مركبات سموم الأفلا في غذائها للفترة ذاتها.

الجدول (6-7) : تأثير مستوى مركبات سموم الأفلا المعطى بأعمار مختلفة على الوزن النسبي للخصية (%) في ديكة الدجاج .

العمر/ أسبوع	مستوى سموم الأفلا في الغذاء (جزء بالمليون)	الوزن النسبي للخصية %
6	صفر	0,038
	10	0,025
	20	0,024
9	صفر	0,038
	10	0,032
	20	0,027

12	صفر	0,0239
	10	0,056
	20	0,044

العوامل المؤثرة في سلوك مركبات سموم الأفلا في الجسم :

لقد حظي هذا الموضوع باهتمام كبير من الباحثين ، حيث قاموا بدراسة العديد من العوامل التي يعتقد أن لها تأثيراً في تحوير سلوك مركبات الأفلا السمي أو المسرطن داخل الجسم في الحيوانات المختبرية ، وقد شملت هذه الدراسات العوامل التالية :

- الجنس وخواص الغدد الصماء .
- التداخل مع عوامل البيئة مثل التغذية .

وسوف نتطرق بشيء من الإيجاز لكل من العوامل السالفة الذكر .

1.الجنس وخواص الغدد الصماء :

تشير نتائج العديد من الدراسات إلى أن إناث الجرذان أكثر مقاومة للتأثيرات السمية الحادة أو المسرطنة لسموم الأفلا ، ومما يؤكد ذلك فقد تبين أن الجرعة القاتلة من السم الفطري من النوع B1 (وهي الجرعة التي تسبب هلاك أكثر من 50 % من الحيوانات) كان مقدارها (7.2) ملغم/كغم من وزن الجسم بالنسبة لذكور الجرذان و(17.9) ملغم/كغم من وزن الجسم بالنسبة لإناث الجرذان . أما بالنسبة لتكوين الأورام السرطانية فقد لوحظ أن إعطاء علف يحتوي على كمية مقدارها 1 ملغم من سم الأفلا من النوع B1 /كغم علف تسبب في ظهور الأورام السرطانية في الذكور بعد مرور فترة (35) أسبوعا ، بينما استغرق ظهور هذه الأورام في الإناث زهاء (64) أسبوعا ، أما بالنسبة لتأثير الهرمونات ، فتشير نتائج الدراسات إلى أن إعطاء الذكور هرمون الأستروجين مع العلف المحتوي على سم الأفلا من النوع B1 أدى إلى خفض نسبة حدوث الإصابة بالأورام السرطانية فيها بمقدار(20%) مقارنة بالذكور المغذاة على العلف المحتوي على سم الأفلا المذكور آنفا لوحده ، حيث بلغت نسبة الإصابة بالأورام السرطانية في هذه المجموعة (71.5%) . من جهة أخرى لوحظ أن استئصال الغدة النخامية أدى إلى عدم إصابة أي من الفئران المعطاة السم الفطري من النوع B1 مع العلف بأورام الكبد مقارنة بالفئران الطبيعية المعطاة نفس العلف حيث أصيبت جميعها بأورام الكبد السرطانية .

2. العوامل الغذائية :

يبدو من نتائج الدراسات في هذا المجال أن للحالة الغذائية تأثير واضح في مدى مقاومة الكائنات الحية لسمية مركبات سموم الأفلا ، فقد لوحظ أن تغذية القرود على علف به نقص شديد بالبروتين أدى إلى زيادة نسبة الدهن في خلايا الكبد وحصول تضخم في قنوات الصفراء ثم الهلاك نتيجة حدوث نزيف شديد في الأمعاء وذلك خلال فترة (35) يوما من إعطاء السم الفطري من النوع B1 ، بينما بقيت القرود المعطاة غذاء محتوياً على المستوى المطلوب من البروتين على قيد الحياة وكانت تبدو بصحة جيدة طوال فترة الدراسة ، وتم الحصول على نتائج مماثلة في الجرذان ، حيث تبين أن تغذية الجرذان على علف محتوي على (9%) بروتين أدى إلى إصابة (73 %) منها بسرطانات الكبد خلال فترة (8) أشهر ، بينما كانت نسبة الإصابة في الجرذان المغذاة على علف حاوياً (22%) بروتين (50%) وخلال فترة (10) أشهر .

أما بالنسبة للدهون ، فقد وجد أنها تعمل على تعظيم الإصابة بالأورام السرطانية في الكبد عند ارتفاع نسبتها في العلف المحتوي على سم الأفلا من النوع B1 وذلك في حالة تعرض الحيوانات المستمر لهذا السم الفطري لمدة طويلة ، أما في حالات إعطاء الحيوانات جرعات مفردة من السم الفطري المذكور آنفا فإن الدهون تعمل على وقاية الحيوانات من حالات التسمم الحادة . أما الحيوانات التي أعطيت الحدود الدنيا من الدهون في غذائها فكانت أقل تعرضا للأورام السرطانية والهلاك .

أما نقص فيتامين أ في الغذاء فإنه يعمل على زيادة نسبة الهلاكات في الحيوانات المعرضة لسم الأفلا من النوع B1 ورافق ذلك حصول تلف شديد في أنسجة الكبد (الجدول 6-8) . كما وجد أن لعنصر السلينيوم تأثير إيجابي واضح في تخفيف حدة سمية سم الأفلا من النوع B1 ، حيث تشير المعلومات المتوفرة المحصل إلى أن رفع مستوى هذا العنصر المعدني في العلف إلى مستوى مقداره 1 ملغم/كغم أدى إلى زيادة مقاومة الجرذان لسمية سم الأفلا من النوع B1 حيث كانت نسبة الهلاكات في هذه المجموعة (25%) وذلك بعد مرور أسبوعين على تناولها للسم الفطري المذكور ، أما في الجرذان التي أعطيت المستوى الموصى به من عنصر السلينيوم (0.1 ملغم/كغم علف) أو مستوى واطئ من ذات العنصر

(0.03 ملغم/كغم من العلف) فقد كانت أقل مقاومة لسمية المركب المذكور حيث بلغت نسبة الهلاكات فيهما (97 أو 100%) على التوالي خلال نفس الفترة الزمنية .

الجدول (6-8) : تأثير فيتامين A في مدى مقاومة الجسم لسمية سم الأفلا من النوع B1 في الجرذان*.

الجنس	كمية فيتامين A المعطاة يوميا (وحدة دولية /جرذ/يوم)	عدد الحيوانات	نسبة الهلاكات بعد مرور (40) ساعة على حقن سموم الأفلا
ذكر	صفر	4	%100
	100	6	صفر
أنثى	صفر	6	صفر
	100	6	صفر

* الكمية الكلية لسموم الأفلا المعطاة للجرذ الواحد والبالغة 3.5 ملغم /كغم من وزن الجسم أعطيت بجرعة واحدة عن طريق الحقن في غشاء البريتون .

تأثير مركبات سموم الأفلا في الإنسان:

إن المصدر الرئيسي لتعرض الإنسان للسموم الفطرية هو عن طريق الغذاء الملوث بها . وقد تم إلى الوقت الحاضر تشخيص مسارين رئيسيين في هذا المجال وهما :

1.تناول الإنسان بشكل مباشر لسموم الأفلا (وبالدرجة الرئيسية السم الفطري من النوع B1) التي تحدث في المنتجات الزراعية من أصل نباتي مثل الذرة الصفراء ، فستق الحقل ومنتجاتهما .

2. تناول سموم الأفلا المنقولة خلال المنتجات الحيوانية مثل الحليب السائل، الحليب المجفف والأجبان ، وذلك نتيجة لتغذية الحيوانات الزراعية على أعلاف حاوية لسم الأفلا من النوع B1 ، ويظهر هذا المركب في المنتجات الحيوانية على شكل سم الأفلا من النوع M1.

إن تعرض الإنسان لسموم الأفلا من خلال المسار الأول يكون أكثر بكثير من ذلك للمسار الثاني بغض النظر عن اختلاف الخواص السمية لكل من المركبين B1

و M1 . ففي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية ، حيث تتوفر الظروف البيئية المثلى لنمو الأعفان ، فإن الكثير من مكونات الغذاء البشري يمكن أن تصبح ملوثة بشكل مباشر بسموم هذه الأعفان .

ويحدث أحيانا تعرض الإنسان لمصدر آخر للسموم الفطرية وذلك من خلال طبيعة العمل الذي يمارسه ، حيث تشير الدراسات إلى أن غبار المنتجات الزراعية ربما يكون ملوثاً بمختلف مركبات سموم الأفلا المتطايرة من المنتجات الحاملة لها أصلا ، ويتم استنشاق هذه السموم من قبل العاملين في المطاحن أو معامل استخراج الزيوت النباتية أثناء تداول هذه المنتجات خلال عملية التصنيع ، ويبدو من نتائج التحاليل المختبرية لعينات من الهواء في مثل هذه الأماكن أن مستوى سموم الأفلا يمكن أن يكون في حدود 1 مايكروغرام/ متر مكعب من الهواء .

مصادر ومستويات سموم الأفلا في غذاء الإنسان :

سبق وأن أشرنا إلى أن سموم الأفلا هي مركبات أيضية ثانوية لبضع أنواع من سلالات العفن *A.flavus* والعفن *A.parasiticus* ، وتنتشر هذه الأعفان في كافة أنحاء العالم باستثناء المنطقة القطبية ، ولكن نمو هذه الأعفان وإنتاجها للسموم الفطرية يتطلبان توفر درجات الحرارة والرطوبة المناسبة كما هو عليه الحال في المناطق الحارة وشبه الحارة من العالم ، ومع ذلك قد تتواجد أحيانا في المناطق الأكثر برودة مثل شمال أوربا .إن إنتاج سموم الأفلا على اختلاف تراكيبها الكيماوية يحدث بدرجة رئيسية خلال موسم الحصاد وفترة الخزن ، ولكن هناك من الحقائق ما يشير إلى أن الآفات الحشرية الحاملة لسبورات العفن تعمل على إحداث الإصابات الفطرية أثناء مهاجمتها للمحاصيل الزراعية وينجم عن ذلك تكوين هذا النوع من السموم الفطرية في المحصول قبل حصاده .

بالرغم من أن الأعفان المنتجة للسموم الفطرية من نوع سموم الأفلا لها القدرة على النمو في أصناف كثيرة من مصادر الغذاء ، وخاصة المنتجات النباتية ، ولكن يبدو من المعلومات المتوفرة أن بعض هذه المصادر تكون وسطاً أفضل لنمو الأعفان المنتجة للمركبات السمية آنفة الذكر من غيرها ، وبذلك تكون هذه المصادر أشد تلوثاً بهذا النوع من السموم الفطرية وبمستويات عالية منها . وتشمل هذه المواد البذور الزيتية مثل : فستق الحقل ، بذور القطن ، المكسرات وغيرها ، والحبوب مثل الذرة الصفراء .

ولقد ساعد تطور تقنيات تحليل السموم الفطرية في الحصول على معلومات وافية عن مستويات هذه المركبات في مختلف المواد الغذائية في كافة أنحاء العالم . وكما بينا سابقاً أن جميع مصادر الغذاء البشري أو العلف الحيواني تكون عرضة للتلوث بالسموم الفطرية من نوع سموم الأفلا نتيجة لنمو الأعفان المنتجة لهذه المركبات عليها ، غير أنه تبين أن أكثر المواد عرضة لهذا التلوث هي مجروش فستق الحقل ، فستق البرازيل ، الذرة الصفراء ومنتجاتها . فقد وجد من نتائج التحاليل المختبرية أن أحد شحنات مجروش فستق الحقل المرسلة إلى شمال أوربا لأغراض العلف الحيواني كانت حاوية على زهاء (3500 ميكروغرام) من مختلف مركبات سموم الأفلا لكل كيلو غرام من المجروش آنف الذكر ، وفي تايلاند كان مستوى هذه المركبات في بعض العينات (1500 ميكروغرام/ كغم) . أما في البلدان التي تم تطبيق سبل وقاية وحماية المحاصيل الزراعية فيها فكان المستوى المتحصل عليه من هذا النوع من السموم الفطرية في العينات التي تم تحليلها من محصول فستق الحقل يقع ضمن مدى 5 ميكروغرام/كغم أو أقل من ذلك أحيانا . وتؤدي عملية تحميص فستق الحقل إلى خفض نسبة سموم الأفلا في هذا المنتج ولكن لا تزيلها كلياً . من جهة أخرى لا يعد الطبخ وسيلة ذات فعالية عالية لحماية المستهلك من التعرض لمركبات سموم الأفلا المتواجدة في المواد الغذائية الأولية التي تدخل في إعداد وجبات الطعام المطبوخة .

تشير المعلومات المتوفرة إلى أن مستوى سم الأفلا من النوع M1 في الحليب مرتبط بشكل مباشر بكمية سم الأفلا من النوع B1 التي يتناولها الحيوان في علفه اليومي . وكما سبق وأن أشرنا إليه ، تعد الذرة الصفراء ، كسبة بذور القطن وكسبة فستق الحقل المصادر الرئيسية الحاملة لهذا السم الفطري . ويكون مستوى السم الفطري M1 في الحليب أقل بمقدار (300) مرة من مستوى سم الأفلا من النوع B1 في العلف المستهلك من قبل الحيوان . وقد تبين من نتائج تحليل عينات من الحليب السائل والمجفف من مختلف أرجاء العالم أن مستوى سم الأفلا من النوع M1 فيها يقع ضمن حدود (10 ميكروغرام/لتر حليب سائل أو كغم حليب مجفف) أو أكثر من ذلك بقليل ، أما في البلدان التي تخضع فيها منتجات الحليب لدرجة عالية من السيطرة النوعية المشددة فقد كانت مستويات سم الأفلا من النوع M1 في العينات التي تم فحصها زهاء (0.1 ميكروغرام/لتر) أو أقل من ذلك في غالبية الأحيان .

أما بالنسبة للمنتجات الحيوانية الأخرى ، مثل اللحوم الحمراء ، البيض ولحوم الدواجن ، فقد وجد فيها بقايا من مركبات سموم الأفلا وذلك أثناء الدراسات التجريبية التي تم فيها إعطاء الحيوانات أعلاف حاوية على السموم الفطرية المذكورة آنفا، ولكن من خلال المسوحات الميدانية للمنتجات آنفة الذكر الموجودة في أسواق المواد الغذائية فإن نتائج التحليل المختبري لم تكشف عن وجود أي آثار لسموم الأفلا فيها .

العلاقة بين كمية مركبات سموم الأفلا في الغذاء ومستواها في أنسجة جسم الإنسان:

إن تعرض الإنسان للسموم الفطرية من نوع مركبات الأفلا من خلال الغذاء يعتمد على مستواها في الغذاء وكذلك على النمط الاستهلاكي السائد . ومن الحقائق الثابتة أن تلوث مصادر الغذاء التقليدية تعد من المسائل التي تثير الكثير من القلق وإن شرائح المجتمع التي تعتمد على مصادر غذائية ثابتة تكون أكثر عرضة لخطر التسمم بالسموم الفطرية نتيجة التلوث الغذائي بمركبات سموم الأفلا . وهناك طريقتين أساسيتين لتقييم مدى تعرض الأغذية البشرية لهذا النوع من التلوث وهما :

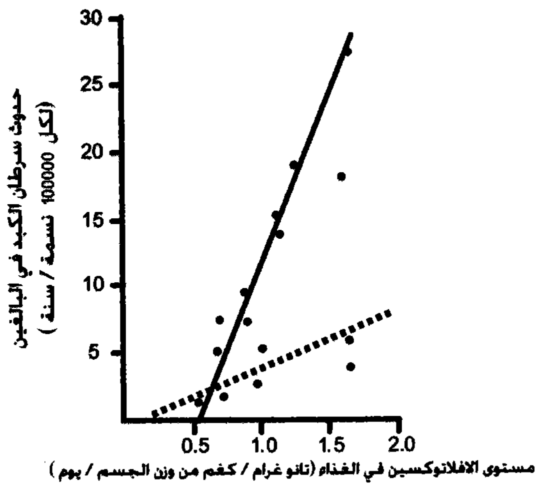
1. تقدير مستويات التلوث في مصادر الغذاء الرئيسية ويرافق ذلك مسوحات ميدانية لمستويات التغذية .
2. تحليل الغذاء المتناول وتدعى أيضا بطريقة تحليل ما هو موجود في طبق الغذاء اليومي التقليدي .

وتوفر الطريقة الثانية تقديراً أفضل لكمية مركبات سموم الأفلا التي يتناولها الإنسان ، ولكن تواجه هذه الطريقة العديد من الصعوبات العملية في تطبيقها .

وتشير نتائج تحليل مختلف مصادر الغذاء في العديد من بقاع العالم إلى وجود سموم الأفلا بمستويات متباينة في مختلف السلع الغذائية ، ففي إحدى الدراسات المسحية في جنوب شرقي الولايات المتحدة الأمريكية وجد أن متوسط مستوى سم الأفلا من النوع B1 في مجروش فستق الحقل ومنتجاته الأخرى كان (2 ميكروغرام/كغم) أما في الذرة الصفراء ومنتجاتها فكان مستوى السم المذكور أعلاه يقع ما بين (5–10 ميكروغرام/كغم) ، وفي ضوء هذه التحاليل قدر الاستهلاك اليومي البشري من السموم الفطرية من نوع الأفلا في هذه المناطق

بمقدار 2.73 نانو غرام/كغم من وزن الجسم ، وبحد أعلى مقداره 9.03 نانو غرام/ كغم من وزن الجسم . ومن نتائج تحليل الغذاء الموجود في الطبق اليومي التقليدي في كل من تايلاند وشرق أفريقيا قدرت الكمية المتناولة من مركبات سموم الأفلا يومياً بمدى يتراوح ما بين (3.5-222.4) نانوغرام/كغم من وزن الجسم ، ولكن عند ملاحظة ازدياد تفشي حالات أمراض الكبد الحادة في جنوب شرق أسيا ، وجد من نتائج التحاليل المختبرية أن مستوى سموم الأفلا في الغذاء وصل إلى حد 120 ميكروغرام/كغم من وزن الجسم، وإن مستواه في الذرة الصفراء المستخدمة للأغراض الغذائية وصل إلى حد 15 ملغرام/ كغم من المحصول آنف الذكر.

لقد وجد أن مستوى سموم الأفلا في كبد الإنسان وأنسجة أخرى من الجسم قد يصل إلى زهاء 500 ميكروغرام/كغم من وزن الجسم أو أكثر من ذلك في بعض الأحيان ، وقد حصلت مثل هذه الحالات في عدد من دول أوربا وأمريكا الشمالية ، وهذا يشير إلى أن بعض الأفراد يتناولون أغذية ملوثة تلوثاً شديداً بسموم الأفلا حتى في هذه الدول المتقدمة . ومما تجدر الإشارة إليه أن هذه المستويات وجدت في أجسام المرضى الذين يعانون من حالات الإصابة الشديدة بالأورام السرطانية في مختلف أنحاء الجسم وخاصة الكبد والجهاز الهضمي (الشكل 6 - 3) .



الشكل 6-3 : منحنى يوضح العلاقة مابين مستوى سموم الأفلا في الغذاء وحالات حدوث سرطان الكبد في الإنسان.

وبصورة عامة يمكن القول بأن هناك ارتباطاً ما بين كمية سموم الأفلا المستهلكة يومياً وحالات حدوث الأورام السرطانية الابتدائية في خلايا كبد الإنسان (الجدول 6-9) ، ومما يدعم هذا الاستنتاج ما تم الحصول عليه من نتائج الدراسات الخاصة بعدة أنواع من الحيوانات المختبرية حول العلاقة القائمة بين تناول سموم الأفلا وحدوث الأورام السرطانية في خلايا الكبد لتلك الحيوانات.

الجدول (6-9) : العلاقة بين كمية سموم الأفلا المستهلك وحدوث حالات سرطان الكبد للإصابات في عدد من بلدان العالم .

اسم القطر	كمية سموم الأفلا المستهلكة يوميا نانو غرام /كغم من وزن الجسم للبالغين	نسبة حدوث حالات السرطان في الكبد لكل 100,000نسمة من السكان
كينيا (المناطق الجبلية)	3,5	1,2
تايلاند	5,0	2,0
كينيا (الهضاب الوسطى)	5,9	2,5
كينيا (السهول المنخفضة)	10,0	4,0
تايلاند	45,0	6,0
موزمبيق	222,1	13,0

2. مجموعة سموم الأوكرا :

تنتج هذه المجموعة من السموم الفطرية من قبل عدة سلالات من أنواع كل من الأعفان *Aspergillus* و *Penicillium* . أن لهذه الأعفان حضور كبير في كافة أرجاء العالم عليه فإن خطر التلوث بسموم الأوكرا لكل من الأغذية البشرية والأعلاف الحيوانية يكون شديداً وواسع الانتشار . إن سم الأوكرا من النوع A ، وهو أحد المركبات الرئيسية لهذه المجموعة ، يتواجد في العديد من بلدان العالم ومنها أستراليا ، أوربا وأمريكا الشمالية . ولكن يبدو أن إنتاج سموم الأوكرا من قبل سلالات الأعفان آنفة الذكر يكون محدداً بتوفر الظروف المناسبة من درجات

الحرارة والرطوبة النسبية العالية ، ولكن هناك البعض من سلالات عفن البنسيليوم *Penicillium* لها القدرة على إنتاج هذه السموم تحت درجات حرارية واطئة تصل إلى (5) درجة مئوية . إن أعلى نسبة للتلوث بسم الأوكرا من النوع A وجد في الحبوب ، وبنسب أقل في بعض المنتجات الأخرى مثل حبوب القهوة ، فول الصويا ، الكاكاو . أما سم الأوكرا من النوع B فهو مركب نادر الحدوث جداً في الطبيعة.

امتصاص سموم الأوكرا وتوزيعها في أنسجة الجسم :

من الدراسات التي تم إجرائها على الحيوانات المختبرية ، أن امتصاص سم الأوكرا من النوع A يحدث بدرجة رئيسية في المعدة ، ولوحظ وجود كميات قليلة من هذا المركب السام (1-3% من مجموع الجرعة الكلية المعطاة) في كل من الأعور والأمعاء الغليظة على شكل الأيسوكومارين (سم الأوكرا من النوع-ألفا) ، ويبدو أن مثل هذا التحول يحدث نتيجة لفعل التحلل المائي بواسطة الأحياء الدقيقة الموجودة في الأمعاء . أما عن امتصاص سموم الأوكرا من خلال الأمعاء ، فقد تبين من نتائج الدراسات إن المسار الرئيسي لامتصاصها هو من خلال الجزء العلوي من الأثني عشر . وبالنسبة لتوزيع هذه المجموعة من المركبات السمية في أنحاء جسم الحيوانات فقد تبين من تحليل عينات من مختلف أنسجة الحيوانات المذبوحة في المجازر، والتي بدت عليها أعراض فشل الكلية نتيجة التسمم بهذه المركبات ، أن سم الأوكرا من النوع A وجد في كافة عينات الأنسجة التي تم تحليلها والتي شملت كل من الكبد ، الكلية ، العضلات والأنسجة الدهنية . ولقد وجد أن أعلى مستوى لهذا السم الفطري كان موجودا في الكلية ، كما لوحظ وجوده في الدم بمستويات أعلى مما هو موجود في الكلية . أما في الدراسات المختبرية فقد تبين أن إعطاء الجرذان جرعة من سم الأوكرا من النوع A أدى إلى انتشار هذا المركب في كل من الأنسجة التالية : الكلية الكاملة (0.3% من الجرعة الكلية) ، الكبد الكامل (0.9% من الجرعة الكلية) ، مجموع الأنسجة العضلية (0.6% من الجرعة الكلية) وذلك بعد مرور أربعة أيام على إعطاء السم الفطري عن طريق الفم .

أما بالنسبة للإنسان فقد تم إجراء الكثير من تحاليل الدم للمرضى الذين يعانون من الفشل الكلوي في العديد من المناطق في مختلف بلدان العالم وذلك

لمحاولة ربط هذه الحالة المرضية بوجود سم الأوكرا من النوع A في الغذاء (الجدول 6-10) ، وتشير نتائج تحليل مصل الدم أن هناك نسباً متفاوتة من مستويات سم الأوكرا من النوع A في الدم المتحصل عليه من المرضى المصابين بحالات القصور الكلوي .

الجدول (6-10) : العلاقة ما بين حالات القصور الكلوي في الإنسان ومستوى سم الأوكرا من النوع A في مصل الدم.

الدولة	عدد حالات مرضى القصور الكلوي تحت الفحص	نسبة الحالات المحتوية على سم الأوكرا في مصل الدم %	مستوى سم الأوكرا في مصل الدم نانوغرام/مللتر
يوغسلافيا	639	6,6	57-1
بولندا	1065	7,2	40-0,27
ألمانيا	306	56,6	14,4-0,1
الدنمارك	96	47,9	9,2-0,10
بلغاريا	312	14,4	14,0

التحولات الكيماوية الحيوية لسموم الأوكرا داخل الجسم :

تشير نتائج الدراسات المختبرية والدراسات على الكائنات الحية أن جزيئة سم الأوكرا من النوع Aترتبط بألبومين مصل الدم ، وإن المركب الناتج في البول والبراز هو سم الأوكرا من النوع -أَلْفَا ، وهذا يشير إلى انشطار سم الأوكرا A داخل الجسم إلى كل من سم الأوكرا من النوع -ألفا والحامض الأميني فنيل الأنين . ومن خلال الدراسات الخاصة بسلوك سم الأوكرا من النوع A وذلك من خلال تنشيط هذا المركب السمي إشعاعيا بواسطة الكربون (14) ، تبين أن قسم من هذا المركب يتحول داخل الجسم إلى مركبات أيضية أخرى لم يتم تشخيصها إلى الوقت الحاضر . ويبدو من نتائج الدراسات أن عملية تثبيط سمية سم الأوكرا من النوع A تتم داخل خلايا الكبد.

أما عن إفراز هذا السم ، فتشير نتائج الدراسات ، باستخدام سم الأوكرا من النوع A المنشط إشعاعيا إلى أن معظم الكمية المعطاة يتم طرحها عن طريق البول ، ويحدث طرح جزء ضئيل منه مع البراز .

من جهة أخرى وجد أن هذا المركب السام يمكن أن يفرز مع الحليب أيضا ولكن بمستويات واطئة جداً ، ففي الماعز وجد أن حليبها يحتوي على (0.026%) من جرعة سم الأوكرا من النوع A المعطاة أصلا لهذه الحيوانات ، أما في الإنسان فقد وجد أن مستوى هذا السم الفطري في حليب النسوة تحت الفحص يتراوح ما بين 0.017-0.03 نانوغرام / مللتر من حليبهن .

تأثير سموم الأوكرا في الفعاليات الحيوية للكائنات الحية :

1.الدراسات الميدانية :

منذ أن تم اكتشاف مرض القصور الكلوي في الحيوانات الزراعية قبل (50) عاما، فقد قام الباحثون بالعديد من الدراسات لأجل البحث عن مسبب هذه الحالات ، وقد تبين من إجراء الفحص المظهري والتحاليل المختبرية للحيوانات المصابة بهذا المرض أمراض هناك ارتباطاً بين حالات حدوث القصور الكلوي ووجود سم الأوكرا من النوع A في أنحاء الجسم وخاصة الكلية . وفي إحدى هذه الدراسات الميدانية في الدنمارك حول ذبائح فروج اللحم المرفوضة في المجازر بسبب وجود أعراض مرضية في منطقة الكلية ، تبين من التحاليل المختبرية أن (29 %) من هذه الحالات كانت مرتبطة بتناول الطيور لهذا السم الفطري في علفها ، وقد تبين من الفحص النسيجي حصول تلف في الأنيبيبات الكلوية وتليف أنسجة الكلية .

2-الدراسات في الحيوانات المختبرية :

من خلال دراسة التأثيرات الحادة والمزمنة لسموم الأوكرا في الحيوانات المختبرية ، تبين أن هناك تبايناً واضحاً ما بين الأنواع المختلفة من الحيوانات في مدى حساسيتها للتسمم الحاد بسم الأوكرا من النوع A حيث تبين أن الجرعة القاتلة التي تسبب هلاك أكثر من (50%) من مجموع الحيوانات تحت الدراسة تقع ما بين (3.4-30.3) ملغم/كغم، (الجدول6-11) . ولوحظ أن الإناث في كل من الجرذان وخنازير غينيا أكثر حساسية لهذا السم الفطري من الذكور ، وإن الكلية كانت العضو الأساسي المتأثر بهذا السم ، ولكن مع ذلك لوحظ حصول تنخر في

بعض أنسجة الكبد .

الجدول (6-11) : الجرعة القاتلة من سم الأوكرا من النوع A في حالات التسمم الحاد .

نوع الحيوان	مقدار الجرعة القاتلة التي تسبب هلاك (50%) من الحيوانات ملغم/كغم من وزن الجسم	طريقة التجريع
الفار (الأنثى)	22,0	داخل البريتون
الجرذ (الذكر)	30,0	الفم
الجرذ (الأنثى)	21,4	الفم
الجرذ (الذكر)	12,6	داخل البريتون
الجرذ (الأنثى)	14,3	داخل البريتون
ذكر خنزير غينيا	9,1	الفم
أنثى خنزير غينيا	8,1	الفم
دجاج اللكهورن الأبيض	3,4	الفم
الدجاج الرومي	5,9	الفم
طائر السمان الياباني	16,5	الفم
سمك التروت	4,7	داخل البريتون

وفي الدواجن التي تم تغذيتها على أعلاف حاوية على سم الأوكرا من النوع A بمستوى قدره صفر-8.0 ملغم/كغم من العلف ، لوحظ في الطيور المعطاة أعلى جرعة من هذا المركب (8 ملغم/كغم من العلف) حصول تناقص في حجم كريات الدم المضغوطة (PCV) ، وتركيز الخضاب(الهيموغلوبين)، ومستوى الحديد في مصل الدم . فضلاً عن ذلك تناقصت قوة العظام ، وذلك من خلال

الفحوصات الفيزياوية الخاصة بمقاومة التكسر ، كما حصل انخفاض في مستويات الكلوبيولينات المناعية بمقدار (57-66%) عن المستوى الطبيعي لها .

3.التشوهات الجنينية :

إن إعطاء الفئران الحوامل جرعات من سموم الأوكرا خلال فترة الحمل نجم عنه حصول زيادة في هلاك الأجنة ، تناقص وزن الأجنة ، فضلاً عن حصول تشوهات مختلفة فيها في منطقة العين ، الوجه والذيل وتشوهات في القلب .

4.الطفرات الوراثية :

هناك تضارب في الآراء حول مدى تأثير هذا السم الفطري في تكوين الجينات والكروموسومات والحوامض النووية . ولكن بعض الدراسات تشير إلى انه لم يكن لسم الأوكرا من النوع A أي تأثير سلبي في سلسلة الحامض النووي عند استخدام النظام البكتيري كوسيلة للتحري عن حدوث الطفرات الوراثية .

5.التأثير المسرطن :

تشير نتائج بعض الدراسات إلى أن إعطاء سم الأوكرا من النوع A تسبب في حدوث أورام سرطانية في كل من الكبد والجهاز البولي في الفئران . ولكن في دراسات أخرى تبين أن إعطاء السم المذكور لم يتسبب في إحداث أي أورام سرطانية في الجسم وخاصة في الأجهزة المذكورة آنفا . عليه يرى الباحثون أن هناك قدر محدود من المعلومات حول التأثير المسرطن لسم الأوكرا من النوع A في مختلف أنواع الحيوانات ، ولا يتوفر القدر الكافي من المعلومات حول التأثير المسرطن لهذا المركب الفطري السام في الإنسان .

التأثيرات الكيميائية الحيوية لسموم الأوكرا :

من خلال استخدام تقنية النظم البكتيرية لدراسة التأثيرات الكيميائية الحياتية للسموم الفطرية من نوع الأوكرا ، تبين أن هناك تأثيراً مثبطاً لتكوين البروتين في العديد من أنواع البكتريا والخمائر ، ولوحظ تأثيراً مماثلاً في الجرذان ، ولكن من الممكن إزالة هذا التأثير المثبط وذلك بإضافة الحامض الأميني فنيل الأنين ، وهذه الخاصية تشير إلى إمكانية استخدام هذا الحامض الأميني كوسيلة وقائية ضد التسمم بهذا السم الفطري .

من جهة أخرى لوحظ أن لسم الأوكرا من النوع A تأثيراً في عملية تمثيل

الكربوهيدرات حيث تشير النتائج المتوفرة إلى أن تعرض الفئران لجرعة من هذا المركب تسبب انخفاض مستوى الكلايكوجين في الكبد وارتفاع مستواه في القلب . ويبدو أن هذا التأثير يعزى إلى ثلاث عوامل رئيسة هي :

1. إيقاف عملية النقل الفعال للكلوكوز إلى الكبد .
2. تثبيط عملية تكوين الكلايكوجين من الكلوكوز.
3. تسارع عملية هدم الكلايكوجين المخزون في الكبد أصلا .

لقد تبين من دراسات فعالية الأنزيمات في العينات النسيجية المأخوذة من كلى الحيوانات التي تم إعطائها جرعات من سم الأوكرا من النوع A أن هناك تناقصاً مقداره (40%) في فعالية عدد من الأنزيمات ، وإن هذا التناقص في الفعالية مرتبطاً بمقدار الجرعة المعطاة للحيوان . وفي ضوء ذلك يمكن أن تصبح مثل هذه الفحوصات أداة تشخيصية فعالة للكشف عن مدى تعرض الإنسان لسم الأوكرا من النوع A .

تأثير سموم الأوكرا في الإنسان :

ينتشر في بعض مناطق دول البلقان إصابات وبائية بمرض القصور الكلوي حيث لوحظ انتشار هذا المرض في بعض المناطق الريفية النائية في كل من بلغاريا ، رومانيا ويوغسلافيا . وكانت الأعراض المسجلة مشابهة لتلك التي تمت ملاحظتها على الحيوانات المختبرية من حيث التغيرات الحاصلة في الجهاز البولي . ومن الملفت للانتباه أن هذا المرض أكثر انتشاراً بين النساء وكانت أعلى نسبة لحدوث المرض في مجموعة الأعمار التي تزيد عن (40) سنة، إلا أنه لوحظ وجود بعض الحالات في مجموعة الأعمار الصغيرة التي تقع ما بين (10-19) سنة . وقد لوحظ ارتفاع نسبة انتشار مرض القصور الكلوي في المناطق التي وجد فيها نسبة تلوث عالية للمواد الغذائية ، (مثل الذرة الصفراء ، الحبوب ، لحم الخنزير) بسم الأوكرا من النوع A . وفي ضوء المعلومات المتوفرة عن احتواء المواد الغذائية لسم الأوكرا من النوع Aوكذلك ظهوره في عينات من دم المرضى ، يرى الباحثون أن هناك ارتباطاً بين تناول الأغذية الملوثة بهذا المركب السام وحدوث حالات الإصابة بالقصور الكلوي والأورام السرطانية المصاحبة له خاصة في الجهاز البولي .

3 - الزيرالينون :

إن هذا السم الفطري هو مركب أيضي ينتج من عدة سلالات مختلفة من عفن الفيوزاريوم (*Fusarium*) ، ولوحظ انتشاره كملوث طبيعي للحبوب ، وعلى الأخص الذرة الصفراء ، في العديد من أقطار أفريقيا ، أوربا وأمريكا الشمالية .

ومن خلال الدراسات تبين أن للزيرالينون تأثير مشابه لذلك الناجم عن هرمون الأستروجين ، كما لوحظ حصول حالات العقم في الماشية نتيجة لتعرضها لهذا المركب السام عن طريق الغذاء وبمستوى قدره (14)ملغم/كغم من العلف المستهلك . كذلك وجد أن لهذا المركب القدرة على إحداث التشوهات الخلقية في الهيكل العظمي للجرذان.

ولقد تم في العديد من بلدان العالم العثور على الزيرالينون في طحين الذرة أو رقائق الذرة المعدة للاستهلاك البشري وبمستويات تصل إلى زهاء (70) مايكروغرام/كغم من المادة المذكورة . وهي جرعات أقل بمعدل (400-600) مرة من تلك التي سبق وأن سببت أي تأثيرات مرضية في القرود والجرذان تحت ظروف الدراسات المختبرية . ولكن في بعض البلدان الأفريقية تم العثور على هذا المركب السام بمستويات أعلى بكثير من المستوى المذكور آنفا في بعض أنواع الأغذية المصنعة محلياً مثل شراب البيرة أو الحساء الحامض المحضر من الذرة الصفراء أو البيضاء الملوثة أصلا بهذا المركب السام .

هذا ولم يتم تسجيل أي تأثيرات سلبية في صحة الإنسان إلى يومنا هذا نتيجة لتناوله لهذا السم الفطري . ولكن تعرض الإنسان لمستويات منه كالتي توجد في بعض المنتجات الغذائية الأفريقية يمكن أن تشكل خطراً على صحته ، وبذلك تستحق هذه المسألة أن تولى الانتباه الكافي مستقبلاً لتقييم مدى أضرارها في الصحة العامة لمستهلكي مثل هذه المنتجات .

تأثير الزيرالينون في الفعاليات الحيوية للكائنات الحية :

1. الدراسات الميدانية :

تشير نتائج هذه الدراسات إلى أن تناول الخنازير للعلف المحتوي على الزيرالينون أدى إلى ظهور أعراض على الحيوانات مشابهة لتلك الناجمة عن هرمون الأستروجين، وتم تسجيل مثل هذه الحالات منذ أكثر من (65) سنة مضت ، ومن الأعراض الرئيسة للتسمم بهذا المركب تضخم الأعضاء التناسلية

وانتفاخها وتضخم الغدد اللبنية ، وقد تبين أن وجود الزيرالينون في العلف بمستويات تتراوح ما بين (0.1-6.8 ملغرام/كغم) يمكن أن يسبب ظهور الأعراض آنفة الذكر . أما في الماشية فقد نجم عن وجود الزيرالينون في الدريس المقدم للأبقار انخفاض في الخصوبة واضطراب في دورة الشبق .

2.الدراسات المختبرية :

تشير نتائج هذه الدراسات إلى أن إعطاء إناث الخنازير الزيرالينون بمقدار(5) ملغم/حيوان/اليوم أدى إلى تضخم الأعضاء التناسلية والغدد اللبنية وحصول انقلاب في المهبل ، ولكن زالت هذه الأعراض بعد التوقف عن إعطاء الحيوانات هذا المركب السام . وتشير نتائج الدراسات النسيجية إلى حصول تغيرات في عنق الرحم والمهبل وحصول ارتشاح مصلي في جدران الرحم .

وهناك تضارب في الرأي حول النتائج المتحصل عليها من عدد من الدراسات حول تأثير الزيرالينون في إحداث التشوهات الجينية أو الطفرات الوراثية ، ولكن لا يتوفر إلى الوقت الحاضر القدر الكافي من المعلومات لإعطاء رأي قاطع حول تأثير هذا المركب في هذا المجال ، غير أن نتائج عدد قليل من الدراسات تشير إلى وجود تأثير محدود جداً على تطور الأجنة ولكن لا يوجد أي تأثير لهذا السم الفطري بالنسبة لإحداث الطفرات الوراثية.

4 -مجموعة الترايكوثسينات :

تم إلى الوقت الحاضر تشخيص (148) نوعا مختلفاً من سموم الترايكوثسينات . وتنتج هذه السموم الفطرية من قبل الأعفان التي تعود إلى جنس الفيوزاريوم ، غير أن هناك أجناس أخرى من الأعفان تقوم بإنتاج مركبات أيضية سامة تم تصنيفها حديثاً ضمن مجموعة الترايكوثسينات وتشمل هذه الأعفان كل من *Trichederma* ، *Trichothecium* ، *Myrothecium* ، *Stachybotry* . ولكن وجد أن عدداً محدوداً من مركبات هذه المجموعة تعمل على تلويث الأغذية البشرية والأعلاف الحيوانية ، وتشمل هذه المركبات كل من السموم التالية:

deoxynivalenol (DON) ، nivalenol (NIV) ، diacetoxyscirpenol) (DAS ، T-2 toxin ، وقلما يحدث تلوث السلع الغذائية بإحدى مشتقات المركبات المذكورة آنفا . ومن بين هذه السموم لوحظ أن أكثرها شيوعاً في الأعلاف الحيوانية هو مركب (DON) وبكميات أقل مركب (NIV) . وهناك بعض

الترايكوثسينات الحلقية مثل satratoxins G,H و verrucarins ربما تحدث أحيانا في الأعلاف الحيوانية الخشنة مثل الدريس والتبن ، ولكن إلى الوقت الحاضر لا تتوفر المعلومات عن وجودها في الأغذية البشرية .

وتشير الدراسات المسحية حول انتشار مجموعة الترايكوثسينات إلى أن المركب الرئيسي الشائع الانتشار والحدوث في جميع أنحاء العالم هو (DON) وفي الدرجة الرئيسية في الحبوب مثل القمح والذرة الصفراء ، ويصل مستوى هذا المركب أحيانا إلى زهاء (92) ملغرام/كغم ولكن المتوسط العام أقل من ذلك بكثير ويتباين تبعاً لنوع السلعة الزراعية . وهناك تقارير قليلة جداً تشير إلى وجوده في الشعير ، البطاطا ، الأعلاف الحيوانية الجاهزة .

امتصاص الترايكوثسينات وتوزيعها في أنسجة الجسم :

بصورة عامة يحدث امتصاص هذه المركبات في القناة الهضمية ويتم انتشارها بشكل متجانس في العديد من أجهزة الجسم وأنسجته من غير حدوث تراكم غير اعتيادي في عضو أو نسيج معين دون غيره . إن المعلومات المتوفرة حالياً هي حول السم الفطري T-2 ، ولا زالت السموم الأخرى التي تصنف ضمن هذه المجموعة بحاجة إلى دراسة سلوكها بشيء من العمق والتفصيل داخل جسم الكائن الحي .

وفي الدواجن وجد أنه عند إعطائها المركب السمي من النوع T-2 المشعع ، فقد لوحظ من خلال الفحص النسيجي للتحري عن هذا المركب السمي حصول انتشاره في كافة أجزاء الجسم خلال فترة (4) ساعات من إعطاء الجرعة المنشطة إشعاعيا . تجدر الإشارة إلى أن الجلد ، العضلات وغدة الصفراء قد وصل تركيز السم فيها إلى أقصى مستوى بعد مرور (12) ساعة على إعطاء الطير هذا المركب السمي . وقد وجد أن الترايكوثسين من النوع T-2 يتحول في كبد الدواجن إلى عدد من المركبات الأيضية الثانوية للسم المذكور ، فضلاً عن ذلك وجد آثار منه في الرئتين .

أما في أبقار الحليب فقد وجد أن المركب السمي من النوع T-2 ينتشر في كل من الكبد ، الغدة الصفراء والكلية ، ووجد بمستويات أقل في كل من الدم الكامل وبلازما الدم وأنسجة أخرى في الجسم مثل الطحال ، القلب ، الغدد اللبنية ، المبايض ، العضلات والدهن المترسب في مختلف أنحاء الجسم .

التحولات الحيوية للترايكوثسينات في الجسم :

تشير نتائج الدراسات إلى أن المركبات الأيضية الثانوية الناتجة من تحول الترايكوثسينات تعد أقل سمية من المركبات الأساسية المشتقة منها . وقد تبين من الدراسات المختبرية أن المركب الأيضي الثانوي الناتج من تحول السم الفطري T-2 هو HT-2 وأن عملية التحول هذه تتم بواسطة الميكروسومات الموجودة في كل من الكبد ، الكلية والطحال لمختلف أنواع الحيوانات .

افراز الترايكوثسينات :

يقوم الجسم بالتخلص من هذا النوع من السموم الفطرية مع البراز أو مع البول ، وتتم هذه العملية بسرعة كبيرة ، فعلى سبيل المثال يتم التخلص من المركبين T-2 و DON عن الطريقين المذكورين آنفا في المواشي بنسبة (100%) تقريبا بعد ساعات قليلة من إعطاء جرعة من المركب T-2 عن طريق الفم ، في الدواجن تم التخلص من (80%) من كمية الجرعة المعطاة من نفس المركب خلال (48) ساعة، في الجرذان تم طرح زهاء (25%) من مركب (DON) عن طريق البول و (65%) منه عن طريق البراز بعد مرور (96) ساعة على إعطاء الحيوانات جرعة عن طريق الفم .

أما عن انتقال هذه المجموعة من المركبات السمية إلى المنتجات الحيوانية ، فتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى انتقال المركب T-2 ونواتجه الأيضية إلى البيض والحليب ولكن تبين أن الكمية المنتقلة منه إلى هذه المنتجات هي أقل من (1%) من مجموع الجرعة المعطاة للحيوانات . أما في فروج اللحم فقد وجد أن أنسجة الجسم تحوي على زهاء (2%) أو أقل من ذلك أحيانا من كمية مركب T-2 المعطى عن طريق الفم .

تأثير الترايكوثسينات في الحيوانات :

1.الملاحظات الميدانية :

حصل في هنغاريا وعدداً آخر من دول وسط أوربا إصابات مرضية متفرقة في الخيول التي سبق وأن أعطيت الدريس أو التبن المتعفن . وكانت الأعراض الرئيسة لهذه الإصابات المرضية هي حصول نزيف في كل من الأمعاء والعضلات ، إسهال

حاد ثم يعقبه هلاك الحيوان ، وبعد اكتشاف الخواص السمية للعفن *Stchybotrys atra* ومركباته الأيضية السامة مثل مركب satratoxins G,H ، فقد افترض الباحثون إن هذا المرض هو ناجم عن التسمم بالمركبات المنتجة من العفن آنف الذكر .

وعند تتبع الأسباب المؤدية إلى حدوث ثورة مرضية في قطيع من أبقار الحليب أدت إلى هلاك (20%) منه، تبين أن الأبقار استهلكت ولفترة طويلة علفاً مركزاً حاوياً على (60%) من الذرة الصفراء الموبوءة بالعفن *F.tricinctum* ، وقد وجد أن تركيز المركب السام T-2 في العلف كان (2) ملغرام/كغم من الوزن الجاف . وقد أشارت نتائج الصفة التشريحية إلى حدوث نزيف حاد في الجهاز الهضمي ، تحت الجلد وفي الأنسجة المخاطية . إضافة إلى زيادة الوقت اللازم لتخثر الدم بشكل كبير .

من جهة أخرى سجلت ثورات مرضية في كل من بعض أنواع الدواجن (البط والإوز) ، الخيول ، الخنازير ، وكانت هذه الثورات المرضية متلازمة مع تناول الحيوانات للشعير المتعفن الذي تبين أنه محتوياً على السم الفطري T-2 بمستوى يصل إلى زهاء (25 ملغم/كغم) . وكانت الأعراض الظاهرة على الخيول هي الخمول وكثرة إفراز اللعاب ، أما في الإوز فقد لوحظ حصول تنخر الخلايا المخاطية في المريء ، المعدة الغدية والقانصة . وتشير الملاحظات الميدانية إلى تباين الأعراض التي تبدو على الحيوانات المختلفة عند تعرضها لسموم الترايكوثسينات (الجدول 6-12) .

2.دراسات الحيوانات المختبرية :

أ. التأثيرات السمية العامة :

تتباين الأنواع المختلفة من الحيوانات في مدى تحملها لسمية الترايكوثسينات (الجدول 6 -13) ولكن لم يلاحظ أي فروقات في مدى التحسس لسمية هذه المركبات ما بين الذكور والإناث داخل الجنس الواحد . إلا أنه تبين أن الحيوانات الفتية تكون أشد حساسية لسموم الترايكوثسينات مما هو عليه الحال في الحيوانات المتقدمة في العمر ، فعلى سبيل المثال تكون الجرعة القاتلة للفئران المولودة حديثاً من سم T-2(0.15 ملغم / كغم) .

الجدول (6-12) : أعراض التسمم بالترايكوثسينات في الحيوانات الزراعية حسب المعلومات المتوفرة ميدانيا .

نوع الترايكوثسين وتركيزه في العلف	نوع المادة العلفية	نوع الحيوان	الأعراض الظاهرة على الحيوان
T2-toxin (2ملغم/كغم)	الذرة الصفراء المتعفنة	الماشية	نزيف دموي عام وشديد مع هلاك (20%) من الحيوانات
T2-toxin(25ملغم/كغم)	الشعير المتعفن	الدجاج	موت الخلايا المخاطية في المعدة الغدية
T2-toxin	علف جاهز	الماشية	نزيف عام
T2-toxin	علف جاهز	الدجاج	هلاكات ، تقرحات في الفم
DAS وT2-toxin	الذرة الصفراء	الماشية	هلاك الحيوان
DAS	الشوفان	الحمام	إسهال دموي
T2-toxin(2.5 ملغم/كغم)	علف جاهز	دجاج اللحم	التهابات عامة
DAS(150-300 ملغم/كغم)	علف جاهز	الماشية	نزيف عام وشديد
T2-toxin	علف جاهز	الماشية	إسهال دموي
T2-toxin (50-150 ملغم-كغم)	علف جاهز	الدواجن	تقرحات دموية

الجدول (6-13) : مقدار الجرعة القاتلة لمركبات الترايكوثسين لمختلف الحيوانات مقدرة بالملغرام/كغم من وزن الجسم التي تسبب هلاك 50% من الحيوانات المعطاة أحد هذه المركبات .

نوع الترايكوثسين	نوع الحيوان و طريقةالتجريع			
	الفار (داخل البريتون)	أفراخ البط (تحت الجلد)	أفراخ بعمر يوم (الفم)	الدجاج البالغ (الفم)
الفئة أ :				
T-2 toxin	5.2	-	1.75	4.0
HT-2 toxin	9.0	-	6.25	-
Diacetoxyscirpenol (DAS)	23.0	-	-	5.0
Neosolaniol	14.5	-	-	-
الفئة ب :				
Nivalenol (NIV)	7.4	-	-	-
Fusarenon-x	3.4	2.0	-	-
Diacetylnivalenol	9.6	-	-	-
Deoxynivalenol (DON)	70.0	27.0	-	-
3-Acetyldeoxynivalenol	49.0	37.0	-	-

ملغرام/كغم من وزن الجسم بينما تكون هذه الجرعة 10.5 ملغرام/كغم من وزن الجسم في الفئران البالغة .

وتشير نتائج الدراسات المختبرية إلى أن إعطاء الترايكوثسينات يمكن أن يتسبب في ظهور العديد من الأعراض المرضية لعل أهمها ما يلي :

1-الإسهال الحاد .
2-التقيؤ .
3-ارتفاع ضغط الدم .
4-تناقص معدل التنفس .
5-زيادة وقت تخثر الدم .
6-تدهور الحيوية .

ويعتمد مدى شدة ظهور الأعراض المذكورة في أعلاه على العديد من العوامل من أهمها الآتي :

1. نوع الكائن الحي .
2. مقدار جرعة المركب السام المعطاة للكائن الحي تحت الاختبار.
3. طول فترة إعطاء السم الفطري .

من جهة أخرى، تشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن إعطاء الترايكوثسينات للحيوانات تسبب في حدوث تغيرات واضحة في صورة الدم (Blood picture) مثل تغير نسب أنواع خلايا الدم البيضاء ، تناقص حجم الخلايا المضغوطة وكذلك عدد كريات الدم البيضاء . وتشير نتائج بعض الدراسات إلى تباين تأثير المركب السام T-2 في الفعاليات الحيوية للكائن الحي وذلك تبعاً لطريقة إعطائه مثلاً عن طريق الفم ، الحقن خلال الغشاء البريتوني ، وغير ذلك من المسارات الأخرى لدخول هذه المركبات السمية إلى داخل الجسم .

ب. اضطرابات الجهاز العصبي المركزي :

إن تعرض الدواجن لسموم الترايكوثسينات ومنها المركب T-2 يمكن أن يتسبب في حدوث اضطرابات عصبية واضحة مثل الوضع غير الطبيعي للأجنحة أو تعرضها إلى نوبات هستيرية ، كما لوحظ حصول أعراض خلل في الجهاز العصبي للفئران والجرذان بعد تعرضها للمركب السام المذكور آنفا . ويعتقد الباحثون أن سبب هذه الأعراض ربما يعزى إلى التغيرات الحاصلة في بعض المركبات الأمينية الموجودة في المخ .

ج. تدهور الجهاز المناعي :

تشير نتائج الدراسات إلى أن بعض الترايكوثسينات تؤثر في الجهاز المناعي للجسم وتعمل بذلك على تحوير رد الفعل المناعي . ويشمل الخلل في الجهاز المناعي نتيجة التعرض لهذه المركبات السامة الفعاليات التالية : تدهور تكوين الأجسام المضادة، تأخر رفض عمليات ترقيع الأنسجة ، تأخر التحسس ، ضعف مقاومة الإصابات المرضية .

د. التأثير المسرطن :

تشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى الوقت الحاضر إلى عدم اكتشاف حدوث أورام سرطانية نتيجة تعرض مختلف الحيوانات لهذه المجموعة من السموم الفطرية على الرغم من إحداثها تخلفاً في معدلات النمو وتسببها في حدوث بقع من الخلايا الميتة في مختلف أنسجة الجسم .

هـ. الطفرات الوراثية :

لم يثبت لحد الآن أن السموم الفطرية من مجموعة الترايكوثسينات تسببت في إحداث الطفرات الوراثية ، وقد تم التوصل إلى هذا الاستنتاج من خلال استخدام التقنيات المعروفة في هذا المجال، ولعل أهمها استخدام تقنية النظام البكتيري .

و. تشوهات الأجنة :

هناك تضارب في الآراء بين الباحثين حول تأثير مجموعة الترايكوثسينات في تطور الأجنة وحدوث التشوهات الخلقية فيها ، ففي بعض الدراسات تشير النتائج إلى أن للمركب السمي T-2 تأثير في إحداث التشوهات الجنينية إلى جانب مفعوله السمي ، ولكن في دراسات أخرى لم تلاحظ مثل هذه التأثيرات ، من جهة أخرى لم يلاحظ أي تأثير لكل من مركبات DON ، NIV في حدوث التشوهات الجنينية ، إلا أن هذه المركبات تسببت في هلاك الأجنة وعدد من الأمهات الحوامل نتيجة مفعولها السمي فقط ، وفي حالات أخرى تسببت في حدوث الإجهاض دون هلاك الأمهات .

تأثير الترايكوثسينات في الإنسان :

في الفترة من عام (1931 -1947) ، انتشر وباء مرضي في الاتحاد السوفيتي سمي بالأيلوكيا السمية (alimetary toxic aleukia) وتبين أن هناك ارتباط بين حصول هذه الحالة الوبائية ووجود الأعفان السمية من الجنس Fusarium في القمح المتعفن المخزون من الموسم السابق . وتم فيما بعد تشخيص نوعين من الأعفان هما : *F.sporotrichioides* و *F.poae* اللذان يعدان مسئولان عن إنتاج السموم الفطرية المسببة للحالة المرضية آنفة الذكر . وقد تسبب هذا المرض في هلاك نسبة عالية من الحالات المصابة ، وقد تم بعد مرور سنوات طويلة تشخيص المركبات السمية على أنها T-2 ، wortmannin وغيرها من المركبات السمية الأخرى . وقد حصل في الوقت الحديث ثورات مرضية في كل من الصين (1984 -1985) وفي الهند (1987)وقد تبين أن هذه الثورات المرضية كانت متلازمة مع وجود الترايكوثسينات في مصادر الغذاء مثل الذرة الصفراء ، طحين القمح وغيرها من الحبوب الأخرى . وكانت الأعراض السائدة هي التقيؤ ، الآم في منطقة البطن ، إسهال ، عدم الاتزان ، الصداع ، وبالرغم من حصول حالات التسمم المذكورة آنفا غير أنها لم تتسبب في موت أي من الحالات المصابة ، عليه لا تتوفر أي معلومات

عن طبيعة التغيرات الحاصلة في أجهزة الجسم وأنسجته نتيجة تعرض الإنسان لهذه المجموعة من السموم الفطرية .

5 - الأرجوت: Ergot

أطلق اسم الأرجوت على الأجسام الحجرية التي تنتجها عدة أنواع من الأعفان من جنس *Claviceps* ، وتسبب القلويدات الموجودة في هذه الأجسام الحجرية ظهور أعراض التسمم عند تناول هذه الأجسام الحجرية مع الغذاء من قبل الإنسان أو الحيوانات الزراعية .

تعمل قلويدات الأرجوت على إحداث نمطين من الإصابات المرضية وذلك اعتماداً على نوع العفن المنتج لهذه المركبات السمية (سواء كان *C.fusiformis* أو *C.purpurea*) ، وبالتالي نوع القلويدات المنتجة من قبل كل نوع من الأعفان آنفة الذكر . فالمركبات المنتجة من قبل العفن *C. puepurea* تسبب حدوث الآكلة (gangrene) في الأطراف فضلاً عن ظهور أعراض أخرى في الجهاز الهضمي . أما القلويدات المنتجة من العفن *C. fusiformis* فإنها تسبب فقط ظهور أعراض مرضية في الجهاز الهضمي .

ولا تتوفر لحد الآن أي معلومات عن تمثيل مجموعة القلويدات الأرجوتية في جسم الكائنات الحية وكذلك الحال بالنسبة لامتصاص وإفراز هذه المركبات السامة .

تأثير الأرجوت في الحيوانات :

تشير نتائج الدراسات الخاصة بتفشي الحالات الوبائية من التسمم الأرجوتي إلى أن تعرض الأبقار الحوامل إلى مركبات الأرجوت تسبب في إحداث الإجهاض في هذه الحيوانات ، فضلاً عن ذلك فإن نسبة عالية جداً من العجول المولودة كانت ميتة عند الولادة . ومن الأعراض الأخرى الملاحظة على الأبقار الحوامل هو استبقاء المشيمة داخل الرحم بعد الولادة . أما عند تعرض المواشي إلى مستويات عالية من مركبات الأرجوت (10 غم/كغم) فإنها تصاب بالعرج ثم الموت التدريجي للأطراف (gangrene) وتزداد حدة الأعراض مع تناقص درجات حرارة البيئة الخارجية .من جهة أخرى تسبب إعطاء مركب الأيرجوتامين (Ergotamine) للمواشي بمقدار (1)ملغم/كغم من وزن الجسم عن طريق الفم في هلاك (66.7%) من الحيوانات خلال عشرة أيام ، ومن أهم الأعراض التشريحية كانت الالتهابات

الواسعة والشديدة في الأمعاء .

أما في الدواجن فتشير النتائج المتوفرة إلى أن إعطاء الطيور جرعات متدرجة من الأيرجوتامين أعلاها مقداره 800 ملغم/كغم من العلف تسبب في إحداث تدهور بسيط في معدل النمو وزيادة في كمية العلف المستهلك ، وكانت هذه الأعراض ظاهرة فقط عند المستوى الأعلى المذكور آنفا من هذا المركب السام ، ولكن لم يلاحظ أي تغيرات مرضية في الدماغ ، الكبد أو الأنسجة العضلية ، وذلك بعد مرور (7-10) أيام على بدء التغذية على السم المشار إليه . وعند إجراء الفحص بعد مرور (50) يوما على تغذية الأفراخ على العلف الملوث لم تتغير الأعراض التي تمت ملاحظتها بعد مرور (10) أيام على بدء تناول مركب الأيرجوتامين مع العلف . كما لم يتم العثور على أية بقايا للسم المذكور في مختلف أنسجة جسم الطائر.

تأثير الأرجوت في الإنسان :

تشير المعلومات التاريخية المتوفرة إلى حصول ثورات مرضية شديدة من التسمم الأرجوتي في الإنسان نتيجة لتناوله لمركب الأرجوت الذي ينتجه العفن *C. purpurea* . ولقد تكررت مرات كثيرة مثل هذه الثورات المرضية في أوربا ما بين القرنين التاسع امتداداً إلى القرن الثامن عشر وقد تم التعرف على نوعين من الأمراض ناجمة عن تناول هذه المركبات وهما :

1. التسمم الأرجوتي الغرغريني Gangrenous ergotism :

وفيه تبدأ الأطراف (الأذرع والسيقان) بالتقلص ، ثم تصبح موميائية المظهر ثم يعقب ذلك الجفاف وتبدأ الآكلة (gangrene) بالانتشار باتجاه أعلى الذراع أو أعلى الساق . وفي النهاية تتساقط الأطراف نتيجة للموت الكلي للأنسجة فيها .

2.التسمم الأرجوتي التشنجي Convulsive ergotism :

وفي هذه الحالة يصاب الجسم جميعه بنوبات ارتعاشية وتعود على فترات يفصل الواحدة عن الأخرى بضعة أيام .

أما أحدث ثورة مرضية من التسمم الأرجوتي فقد حدثت في كل من بريطانيا وروسيا للفترة من عام (1926 - 1928) ، وفي العقود الثلاث الأخيرة من القرن العشرين المنصرم حدثت إصابات وبائية بالتسمم الأرجوتي في كل من إثيوبيا

(1978) ، وكان سببها تناول الشعير المخلوط ببذور الشوفان البري الحامل للأجسام الحجرية للعفن *C.purpurea* وكانت نسبة الوفيات عالية بين المصابين إذ تجاوزت أكثر من (51%) فضلا عن الأعراض المرضية الأخرى مثل تيبس الأطراف أو موتها ، انتفاخ وتورم الأطراف ، القيء والإسهال الشديد . وحدثت إصابات وبائية في الهند في عام (1975) نتيجة لتناول الدخن الملوث بمركبات الكالفين (Calvine) التي ينتجها العفن *C. fusiformis* وكانت الأعراض المرضية السائدة هي : الميل إلى النوم ، القيء المتكرر ، ولكن لم تحدث أي وفيات بين الحالات المسجلة نتيجة التعرض للمركبات السامة المذكورة .

ومن الجدير بالذكر أنه كميات قليلة من سموم الأرجوت تتبقى مع المواد الغذائية وذلك بفضل إمكانية التخلص من الأجسام الحجرية للأعفان أثناء عمليات تنقية الحبوب وتصنيعها . فضلاً عن ذلك فإن عملية الخبز أو أي عمليات تصنيعية أخرى يتم تعرض الحبوب فيها للحرارة تعمل على تدمير غالبية القلويدات التي تعود إلى مجموعة الأيرجوتامين .

الفصل السابع
وسائل السيطرة على إنتاج سموم الأعفان

المقدمة:

إن المنفذ الرئيسي لسموم الأعفان إلى سلسلة الغذاء البشري والأعلاف الحيوانية هو من خلال المحاصيل الزراعية مثل الحبوب (الذرة ، القمح ،الشعير وغيرها من أنواع الحبوب الأخرى) والبذور الزيتية (فستق الحقل وزهرة الشمس وغيرهما) والمنتجات المشتقة من المصدرين آنفي الذكر التي سبق تلوثها بمثل هذه المركبات السمية كنتيجة لنمو الأعفان المنتجة لهذه السموم عليها في وقت سابق. ومن وجهة النظر العملية فإن أفضل وسيلة للحد من التلوث بسموم الأعفان هي منع تكوينها أساسا، وعلى الأخص من خلال استبعاد أو الحد من نمو الأعفان المنتجة لهذه المركبات السامة في المواد الأولية الخام أو المصنعة على حد سواء.

إن منع تكوين سموم الأعفان يمكن تحقيقه من خلال اتباع الآتي:

1- الحد من الإصابات بالأعفان خلال فترة نمو المحاصيل الزراعية في الحقل .

2- القيام بعملية التجفيف السريع للمحاصيل الزراعية بعد الحصاد .

3- تأمين ظروف الخزن الملائمة للمحاصيل بعد الحصاد.

4- استخدام المواد المضادة لنمو الأعفان أثناء فترة خزن المحاصيل الزراعية .

وعند الشك بوجود تلوث في المواد الأولية أو التوصل إلى تشخيص وجود مثل هذا التلوث في جزء من مخزون المحاصيل الزراعية فإنه يمكن إنقاذ المتبقي منها من خلال اللجوء إلى استخدام تقنيات الفصل الميكانيكي ، فصل السموم بواسطة الطرق الكيماوية المتوفرة ، إذا كانت مناسبة من حيث الكلفة والجهد المبذول أو إزالة السموم وإبطال مفعولها باستخدام التقنيات الفيزياوية ، الكيماوية أو الحيوية المتوفرة. ويعتمد اختيار الطريقة المناسبة على العديد من العوامل لعل أهمها:

1- نوعية المواد الأولية الملوثة.

2- نوع المواد الكيماوية التي يكون من المناسب استخدامها.

3- تأثير الطريقة المستخدمة في القيمة الغذائية للمواد التي سوف يتم معاملتها.

4- مدى تأثير المواد الكيماوية المستخدمة في صحة المستهلك لاحقاً سواء كان ذلك بالنسبة للغذاء البشري أو العلف الحيواني.

5- كمية السم التي يمكن إزالتها باستخدام أي من التقنيات آنفة الذكر.

6- الجدوى الاقتصادية لمثل هذه العمليات.

الوسائل الوقائية لمنع تكوين سموم الأعفان :

تنتج السموم الفطرية من قبل مجموعة كبيرة من الأعفان التي تنمو في مختلف الأوساط الغذائية التي تشمل:

1- النباتات الحية.

2- المواد النباتية المتحللة.

3- المحاصيل الزراعية ومنتجاتها أثناء الخزن.

4- المواد الغذائية المصنعة.

إن الأعفان المنتجة للمركبات الأيضية الثانوية السامة منتشرة في كل بقاع الأرض وموجودة في البيئة أينما كان، ولكن بشكل خاص، تكون مصاحبة للمحاصيل الزراعية ومنتجاتها، وإن برامج السيطرة الناجحة يجب أن تتضمن تطوير الطرق الملائمة لغرض منع إنبات سبورات الأعفان التي قد تكون موجودة على أي محصول زراعي مهما كان نوعه وبالتالي منع نمو العفن أساسا مما يؤدي في نهاية المطاف إلى منع إنتاج سموم الأعفان على ذلك المحصول الزراعي .

تحتاج الأعفان إلى مستويات عالية من الرطوبة (20-25%) لأجل استمرارها بالعيش على النباتات الحية أو المواد النباتية المتحللة، بينما تستطيع الأعفان التي تنمو على المواد المخزونة من النمو إذا ما توفرت لها درجات من الرطوبة تتراوح ما بين (12-18%) ، سواء في المادة المخزونة أو البيئة المحيطة بها .

معاملة المحاصيل الزراعية قبل الحصاد :

إن الكثير من السموم الفطرية، وخاصة تلك التي تنتجها الأعفان من أجناس الأسبرجلس مثل مركبات سموم الأفلا، أو التي تنتجها أجناس الفيوزاريوم مثل الزيرالينون والترايكوثسينات، أو التي تنتجها أنواع أخرى من الأعفان مثل قلويدات

الأرجوت ، التريمورجينات ، يمكن أن تتكون جميعها خلال مراحل النمو لبعض المحاصيل الزراعية ، ولقد تم تشخيص العديد من العوامل البيئية التي من شأنها أن تشجع تكوين سموم الأعفان في المحاصيل النامية لعل أهمها :

1- الإصابات الحشرية.

2- ظروف الجفاف.

3- مدى تحسس أو مقاومة المحصول للإصابات المرضية.

4- الأضرار الميكانيكية التي يمكن أن يتعرض لها المحصول أثناء مراحل نموه .

5- نقص العناصر الغذائية في التربة.

6- حدوث الموجات الحرارية في أوقات غير ملائمة.

7- سقوط الأمطار الغزيرة.

إن تقنيات الوقاية الحقلية تعتمد بشكل مباشر على الإدارة المزرعية الجيدة ، وعلى الأخص تطبيق طرق الزراعة السليمة ، التي تؤمن نمواً جيداً للنباتات ، الاستخدام الامثل للمبيدات الحشرية والفطرية للحد من الإصابة بهذين المسببين ، توفير مياه الري بشكل مناسب لمنع حدوث ظروف الجفاف ، وحديثاً هناك اندفاعاً كبيراً بين الباحثين لاستخدام تقنيات الهندسة الوراثية لإنتاج أصناف مقاومة لشتى العوامل المؤثرة في حيوية المحاصيل الزراعية ، حيث يجرى العمل بشكل متصاعد لإنتاج أصناف جديدة من المحاصيل الزراعية مثل الذرة الصفراء ، فستق الحقل ، بذور القطن التي يكون بمقدورها مقاومة الإصابة بالأعفان المنتجة للمركبات السامة أو منع الأعفان من إنتاج سمومها ، فعلى سبيل المثال وجد أن صفة القشرة الخارجية الصلبة في بعض أصناف بذور القطن لا تسمح باختراق هيفات عفن الأسبرجلس من جنس*Aspergillus flavus* ، وهناك خطوط بحثية مماثلة يجري العمل فيها بالنسبة لمحصولي فستق الحقل والذرة الصفراء ، وربما يشمل ذلك محاصيل زراعية أخرى في المستقبل القريب.

معاملة المحاصيل الزراعية بعد الحصاد:

إن الوسيلة الوحيدة للسيطرة على تلوث المحاصيل الزراعية بالأعفان بعد الحصاد تكون من خلال اللجوء إلى استخدام التقنيات المتوفرة في الوقت الحاضر التي تم استنباطها من خلال التوفيق بين العديد من المعارف العلمية : الفسلجة ،

الكيمياء الحيوية ، علم الأحياء الدقيقة ، العلوم الزراعية والهندسية. إن تقنيات ما بعد الحصاد عملية مكلفة ولكنها ضرورية إذا لم يبدد التحسن الحاصل في الإنتاج الزراعي من خلال التلف الذي يتعرض إليه بعد الحصاد. فعلى سبيل المثال تشير الإحصائيات الدولية إلى أن زهاء (10-20%) من إجمالي الإنتاج الزراعي العالمي يذهب هدراً بسبب التلف الناجم عن سوء العناية بالمحاصيل الزراعية ما بعد الحصاد. إن تداول المحاصيل الزراعية سواء داخل البلد الواحد أو على مستوى الصادرات العالمية مهمة ذات شأن عظيم وتتطلب الكثير بغية إنجازها على الوجه الأكمل (الجدول 7-1)

إن من أهم الخطوات التي يمكن إتباعها للحد من تعرض المحاصيل الزراعية للإصابة بالأعفان بعد الحصاد وبالتالي تلوثها بسمومها هو العمل على خفض نسبة الرطوبة في المحاصيل الزراعية إلى الحدود التي لا تسمح بنمو الأعفان عليها ، ويمكن تحقيق ذلك من خلال التجفيف الجيد للمحاصيل بعد الحصاد وقبل الخزن. فضلاً عن ذلك يجب توجيه عناية كبيرة للمحاصيل أثناء تداولها مابين عملية الحصاد إلى حين وصولها إلى المخازن للإقلال من تعرضها للأضرار الميكانيكية التي تعد من العوامل المسهلة لدخول الأعفان إلى بذور المحاصيل. من جهة أخرى يجب اتخاذ كافة الاحتياطات اللازمة لمنع تعرض المحصول للإصابات الحشرية أثناء وجوده في المخازن لأن مثل هذه الإصابات تمثل مداخل سهله للأعفان إلى داخل البذرة وبالتالي نموها فيها عند توفر الظروف المناسبة من حرارة ورطوبة.

الجدول (7-1) : مكونات نظام تداول الحبوب.

1	تجميع الحبوب من الحقول إلى مستودعات محكمة.
2	توفير مستلزمات الخزن المناسبة سواء لأجل قصير أو في الأمد البعيد.
3	توفير المكننة اللازمة للتحميل ، التفريغ والأحزمة الناقلة.
4	تحديد طرق تداول المحصول إما على شكل عبوات محددة الوزن أو على شكل شحنات إجمالية.
5	توفر طرق النقل البري والمائي.
6	وضع النظم المناسبة لتدريج الحبوب والسلع الزراعية الأخرى إلى الأصناف حسب النوعية المظهرية مع وضع سياسة سعرية مناسبة لكل

فئة.

7 وضع نظام متكامل لصيانة وإدامة كافة مستلزمات تداول الحبوب.

8 تهيئة القوى العاملة المناسبة من حيث التدريب والتأهيل لغرض إنجاز الأعمال الفنية والإدارية المطلوبة.

9 إعداد البرامج التدريبية والإرشادية الكفيلة بنقل المعلومات المطلوبة إلى المزارعين ، تجار الحبوب وكافة الأشخاص الآخرين المشتركين في عمليات نظام تداول الحبوب بأي شكل من الأشكال.

السيطرة على تكوين سم الأفلا من النوع M1في الحليب :

إن منع تكوين السموم الفطرية في مختلف المواد الغذائية الأولية لازال يعد من أكبر المشاكل، ليس في الأقطار النامية وحسب، وإنما كذلك في الأقطار الصناعية المتقدمة. فعلى سبيل المثال لا الحصر، حصل حديثاً في الولايات المتحدة الأمريكية تلوث شديد بالسموم الفطرية للعديد من المحاصيل الزراعية، ففي أواخر عقد السبعينيات من القرن العشرين المنصرم حصل تلوث بسموم الأفلا لجزء كبير من محصول الذرة الصفراء في ولاية جورجيا. وبعد سنة واحدة بالضبط حصل تلوث بنفس المركب السمي لبذور القطن في ولاية أريزونا ، وكلا المحصولين هما من المصادر المهمة لصناعة أعلاف الحيوانات الزراعية. وعندما تقوم ماشية الحليب باستهلاك العلف الملوث بسم الأفلا من النوع B1 ، يظهر مركب سمي في الحليب يسمى سم الأفلا من النوع . M1إن وجود سم الأفلا من النوع M1 في الحليب مسألة غير مرغوب فيها نظراً لأن هناك من الحقائق ما يشير إلى أن هذا المركب يعد عاملاً مسرطناً ولكن بدرجة أقل شدة من المركب B1 ولقد أشارت نتائج البحوث في هذا المجال أن المركب السمي M1 لا يتأثر بمعاملة الحليب بالحرارة سواء بالبسترة أو بالتعقيم، كذلك لم يحصل أي انخفاض ملحوظ في مستوى هذا المركب عند تصنيع الحليب إلى لبن أو جبن ، بل على العكس لوحظ ارتفاع مستوى المركب M1 في الجبن إلى أربعة أضعاف مستواه في الحليب المستخدم في تحضير ذلك الجبن. وكذلك لوحظ أنه ليس هناك أي تأثير للمزارع البكتيرية المستخدمة كبادئ لصناعة الجبن واللبن في خفض مستوى مركب M1 في هذه المنتجات. مما سبق ذكره يتبين أن العمليات التصنيعية التي يمر بها الحليب

ليس لها أي تأثير في خفض مستوى سم الأفلا من النوع M1 فيه أو في المنتجات المشتقة منه. وان الطريقة المثلى للتخلص من هذا السم الفطري في منتجات الألبان هو منع تلوث الأعلاف الحيوانية أساسا بسم الأفلا من النوع B1.

الطرق الفيزياوية للسيطرة على نمو الأعفان وإنتاج سمومها :

بغية منع أو تأخير التلف الحاصل في الأغذية البشرية أو المواد العلفية الأولية الناجم عن نمو الأعفان عليها فقد تم استنباط وتطبيق العديد من الطرق الفيزياوية أهمها ما يلي:

1- المعاملة الحرارية.
2- البسترة .
3- التعقيم.
4- التبريد أو التجميد.
5- استخدام العبوات المفرغة من الهواء.
6- التعليب.
7- التجفيف.
8- استخدام الإشعاعات.

ولكن في بعض الحالات تعمل هذه المعاملات الفيزياوية على تغيير طعم ونكهة المواد الغذائية بشكل كبير مما يؤثر في مدى استساغتها من قبل المستهلك. وفي حالات عديدة ليس من المجدي اقتصادياً أو فنياً استخدام الطرق الفيزياوية آنفة الذكر ، وفي جميع الأحوال ، إن اختيار الطريقة الفيزياوية الملائمة يعتمد بدرجة كبيرة على حجم العملية المطلوب إنجازها. وبما أن الاحتمال الأكبر لحدوث نمو الأعفان وتكوينها للسموم يبدأ بوقت مبكر في سلسلة الغذاء البشري والعلف الحيواني ، عليه يجب أن يعطى انتباه خاص لمعاملة المواد الزراعية الأولية الخام.

إن نمو الأعفان السامة وإنتاجها للسموم الفطرية لاحقاً ، وخصوصاً السموم الفطرية المنتجة من الأعفان من جنسي الأسبرجلس والبنسيليوم ، في مراحل ما بعد الحصاد ، خلال النقل ، الخزن أو عند صناعة الأعلاف الحيوانية ، يتأثر بالعديد من العوامل :

*الرطوبة .
*درجة الحرارة .

*التهوية .

*كثافة سبورات الأعفان .

*ظروف الخزن ، وخاصة حدوث حالات تسرب الماء من خارج المخازن ثم تكاثفه على شكل بخار داخل المخازن .

*الحرارة الذاتية للمادة المخزونة .

* التركيب الكيماوي والقيمة الغذائية للمادة المخزونة (الجدول 7-2) .

وإن من أكثر العوامل البيئية الحرجة التي تتحكم بقدرة الوسط الغذائي على دعم نمو الأعفان هي درجات الحرارة ، المحتوى الرطوبي للوسط الغذائي أو البيئة المحيطة به والزمن ، ومن الممكن استغلال أي من العوامل السابقة بشكل خلاق لأجل منع نمو الأعفان .

الجدول (7-2) : الاحتياطات الممكنة لمنع حدوث تلف الحبوب خلال فترة الخزن أو أثناء النقل.

نوع الفعالية	أماكن تطبيقها
التهوية	في صوامع الخزن للأمدين القريب والبعيد.
السيطرة على نسبة الرطوبة	في صوامع الخزن والحاويات.
السيطرة على درجة الحرارة	في صوامع الخزن والمخازن المسقفة.
التبخير	صوامع الخزن ، المخازن المسقفة ، عنابر السفن ، مقطورات السكة الحديدية ، الشاحنات ، الأكياس.
استخدام المبيدات الفطرية	صوامع الخزن ، المخازن المسقفة .
استخدام المبيدات الحشرية	صوامع الخزن ، المخازن المسقفة ، عنابر السفن ، مقطورات السكة الحديدية ، الشاحنات ، الأكياس.
التصميم الهندسي	أماكن الخزن .
الصحة العامة	جميع أماكن تداول الحبوب.
تطبيق القوانين والتعليمات	جميع أماكن ومراحل تداول الحبوب.

إن الخزن تحت درجات حرارية واطئة يكون مناسباً جداً للسيطرة على نمو الأعفان على السلع المخزونة ، وتعد هذه الطريقة إحدى أهم المقومات الأساسية

للعديد من برامج الخزن التجاري. ولكن استخدام المخازن المبردة لخزن المحاصيل الزراعية على نطاق كبير لا يعد مجدياً من الناحية الاقتصادية. وقد تم اللجوء إلى استخدام معيار الفعالية المائية عوضاً عن نسبة الرطوبة في المواد الأولية المخزونة ، وكلما كانت الفعالية المائية واطئة كلما تضاءلت الفرصة أمام نمو الأعفان. ومن الناحية العملية يمكن تجفيف المواد الأولية بحيث تكون الفعالية المائية فيها زهاء (0.65) أو أقل من ذلك لغرض منع حصول نمو الأعفان .

إن المنتجات الزراعية ، وخاصة الحبوب والبذور الزيتية تخزن عادة لفترات متباينة من الزمن ، ومن الممكن التوصل إلى منع حدوث نمو الأعفان خلال فترة الخزن من خلال تغيير البيئة حول البذرة نفسها ، على سبيل المثال : السيطرة على نسبة الرطوبة ، درجة الحرارة وطبيعة الجو الغازي المحيط بها. وفي غالبية الأحوال تعد عملية السيطرة على نسبة الرطوبة من أهم الوسائل المستخدمة على النطاق التجاري لمنع نمو الأعفان وإنتاجها للسموم الفطرية. وخلال فترات الخزن ، يمكن أن تكون الحشرات من أهم وسائل دعم نمو الأعفان ، إذ أن الإصابات الحشرية الكثيفة يمكن أن تسبب ارتفاع نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة من خلال فعالياتها الحيوية ، كما ينجم عن هذه الإصابات تلف الغلاف الخارجي الواقي للبذرة ، فضلاً عن ذلك تعمل الحشرات على نقل سبورات الأعفان من مكان إلى آخر داخل أماكن الخزن مما يؤدي إلى تعاظم الإصابات بها وانتشارها. وفي ضوء هذه الأسباب يصبح من الضروري عدم التهاون في مكافحة الإصابات الحشرية في أماكن خزن السلع الزراعية وغيرها من المنتجات الأخرى مهما كانت تبدو بسيطة.

الطرق الكيماوية للسيطرة على نمو الأعفان والتخلص من سمومها :

عندما تكون نتائج تطبيق الطرق الفيزياوية للسيطرة على نمو الأعفان وتكوين سمومها غير مرضية ، يتطلب الأمر حينذاك اللجوء إلى استخدام الوسائل الكيماوية لتحقيق الهدف المذكور. ويمكن تحقيق منع نمو الأعفان أو الحد منه باستخدام بعض المركبات الكيماوية التي تضاف إلى المحاصيل الزراعية في مرحلة الحصاد مما يقلل الحاجة إلى توجيه عناية خاصة لخفض نسبة الرطوبة في هذه المحاصيل . كما يمكن استخدام ذات المركبات مع الأغذية أو المواد العلفية المصنعة ، وتتوفر العديد من المركبات الكيماوية الحافظة التي تناسب مختلف فئات المواد الغذائية

ويجري استخدام مثل هذه المواد على نطاق واسع في يومنا هذا. إن كل هذا يمكن تحقيقه بتكاليف رأسمالية متواضعة نسبياً .

من الناحية العملية ، المواد الحافظة هي المركبات التي تعمل على منع نمو أو قتل الأعفان وغيرها من الأحياء الدقيقة الأخرى ، ويحكم استخدام مثل هذه المركبات في الصناعات الغذائية والعلفية العديد من القوانين والتشريعات التي ربما تتباين من دولة لأخرى ، والجدول (7-3) يوضح مقادير المواد الحافظة التي يسمح بتناولها من قبل الإنسان يومياً التي تم إقرارها من قبل منظمتي الغذاء والزراعة والصحة الدوليتين التابعتين لهيئة الأمم المتحدة. ولعل من أهم الشروط الواجب توفرها في المواد الحافظة هي خلوها من أي تأثيرات سمية بالنسبة للإنسان والحيوانات الزراعية وإن تمتعها بدرجة عالية من الفعالية ضد النشاط الميكروبي يجب أن يدوم لفترة طويلة جداً. ويجب أن لا يغيب عن الذهن أن استخدام المواد الحافظة سوف لا يعمل على خفض كمية السموم الفطرية الموجودة أصلا في المنتجات الزراعية قبل إضافة هذه المواد إليها. إن الآلية التي تعمل بموجبها المواد الحافظة إما أن تكون عن طريق منع النشاط الإنزيمي داخل خلية العفن ذاتها (مثل حامض السوربيك والبروبيونيك) أو من خلال تدمير الجدار الخلوي (مثل الناتامايسين) ، وبصورة عامة إن استخدام المركبات الكيماوية الحافظة بالمستويات المقرة دولياً يعمل على منع نمو الأعفان وليس قتلها.

الجدول (7-3) : **المستويات المسموح دولياً باستهلاكها من قبل الإنسان من المواد الحافظة.**

اسم المادة الحافظة	الاستهلاك اليومي ملغم/كغم -1 من وزن الجسم
حامض البروبيونيك	مطلق
حامض السوربيك	صفر-25
النايتريت	صفر-5
حامض البنزويك	صفر-5
حامض الفورميك	صفر-3
ثاني أوكسيد الكبريت	صفر-0.7
الناتامايسين	صفر-0.3
النايترايت	صفر-0.2

وغالبا ما تستخدم الحوامض العضوية الحافظة على شكل أملاحها وخاصة أملاح الكالسيوم، البوتاسيوم أو الصوديوم وذلك لكونها تتمتع بدرجة ذوبان أعلى في الماء مقارنة بما هو عليه الحال عند استخدام الحوامض الحرة . ومن الضروري تأمين الخلط المتجانس للمواد الحافظة عند معاملة السلع الزراعية المخزونة بها وذلك بغية الوصول إلى أفضل النتائج الممكنة من حيث السيطرة على نمو الأعفان في كامل شحنة السلعة الزراعية المراد خزنها .

التخلص من السموم الفطرية في المنتجات الزراعية :

متى ما أصبح المنتج الزراعي ملوثاً بالسموم الفطرية فليس هناك من حل غير اتباع أحد الخيارين التاليين إذا ما دعت الحاجة إلى استخدام مثل هذا المنتج في إعداد الغذاء البشري أو تصنيع العلف الحيواني وهما:

1- إزالة السم الفطري إذا كان ذلك ممكناً.

2- تحويل السم الفطري إلى مركبات أقل سمية أو غير سامة على الإطلاق.

إن التساؤلات التي تثار دوماً غالباً ما تكون عن مدى ثبات السموم الفطرية في الأنظمة الحيوية. إن سموم الأفلا ، وهي مجموعة السموم الفطرية التي نالت القدر الأكبر من اهتمام الباحثين إلى الوقت الحاضر ، تعد من المركبات الأكثر ثباتاً تحت الظروف البايولوجية الطبيعية. أما سموم الباتولين وحامض البنسيليك فهي أقل ثباتاً نسبياً في بعض الأوساط الغذائية ، ويعزى سبب ذلك إلى ارتباط هذه المركبات السمية مع الحوامض الأمينية ومجموعات السلفادرايل. ويعد سم الأوكرا من النوع A أقل ثباتاً من مركبات سموم الأفلا ولكن أكثر ثباتاً من الباتولين وحامض البنسيليك. ومع ذلك ، لا زالت الحاجة قائمة للمزيد من الدراسات لتقييم مدى ثبات السموم الفطرية في الأمد الطويل.

الطرق الفيزياوية لعزل السموم الفطرية :

إن التلوث بسموم الأفلا عندما يحدث في المنتجات الزراعية التي تمتاز حبوبها أو بذورها بكبر حجمها ، مثل فستق الحقل ، الفستق البرازيلي ، اللوز ، يكون عادة محصوراً في نسبة محدودة من البذور في كل شحنة ، ولقد وجد من الدراسات الميدانية أن مستوى سموم الأفلا في شحنة من فستق الحقل يكون مرتبطاً بنسبة البذور المكسورة المنزوعة القشرة الخارجية المتزنخة أو ذات اللون غير الطبيعي ، وعندما يتم التخلص من مثل هذه البذور فإن المتبقي من الشحنة

يكاد يكون خالياً كلياً من مركبات سموم الأفلا. إن حبوب فستق الحقل ذات اللون غير الطبيعي تدل على نمو العفن عليها ويمكن التخلص منها إما يدوياً أو باستخدام العازلات الضوئية التي هي عبارة عن أجهزة إلكترونية عالية الحساسية يكون بمقدورها تشخيص الحبوب غير الطبيعية اللون واستبعادها من الشحنة أثناء مرورها على أحزمة الفرز. كذلك يمكن الحد من نسبة بذور الفستق البرازيلي واللوز الملوثة بسموم الأفلا باستخدام أجهزة الفرز الهوائي المعدة لهذا الغرض مما يضمن الحصول على ناتج يتميز بالجودة العالية عند استخدامه في مختلف الصناعات الغذائية.

الطرق الكيماوية لعزل السموم الفطرية :

جرى في العقود الأخيرة من القرن العشرين المنصرم تطوير عدد هائل من الطرق الكيماوية للتخلص من السموم الفطرية من المنتجات الزراعية الملوثة بها ، وتعتمد هذه الطرق على تطبيق تقنيات الاستخلاص الكيماوي المختلفة من خلال استخدام المذيبات المناسبة .

وبالرغم من أن برامج الاستخلاص بواسطة المذيبات العضوية تعد من أكثر البرامج نجاحاً في استخلاص السموم الفطرية غير أن هناك العديد من العوامل التي تحدد استخدام هذه الطرق وأهمها ما يلي :

1- الكلف الإضافية المترتبة على إجراء عمليات تصنيعية إضافية.

2- الحاجة إلى استخدام أجهزة إضافية للتخلص من المذيبات العضوية.

3- فقدان العناصر الغذائية من المواد الزراعية المعاملة بالمذيبات العضوية وخاصة الدهون والفيتامينات الذائبة فيها.

4- عدم صلاحية هذه الطرق من الناحية التطبيقية لكافة أنواع السموم الفطرية.

5- صلاحية المواد المعاملة بالمذيبات لأغراض العلف الحيواني فقط.

إن المحددات آنفة الذكر وغيرها من المعوقات الأخرى قد جعلت من المعاملات الكيماوية لإزالة السموم الفطرية مسألة مشكوك في جدواها الاقتصادية في الوقت الحالي.

تحلل سموم الأعفان أو إبطال مفعولها السمي :

جرت محاولات عديدة لاختبار جدوى العديد من الطرق الفيزياوية ، الكيماوية والبايولوجية التي من شأنها العمل على تحلل سموم الأعفان أو إبطال مفعولها السمي موضعياً في أماكن حدوثها في المنتجات الزراعية. ولكن الغالبية العظمى من هذه الدراسات إن لم تكن جميعها كان اهتمامها منصباً على مركبات سموم الأفلا ، وفيما يلي استعراضاً موجزاً لهذه الطرق :

1 - الطرق الفيزياوية :

وتشمل الآتي :

أ. المعاملات الحرارية :

إن سموم الأفلا والعديد من أنواع السموم الفطرية الأخرى تعد مركبات ثابتة نسبياً تجاه المعاملات الحرارية . فعند استخدام الحرارة الجافة ، فإنه يتحتم الوصول إلى درجات حرارية عالية تقترب من درجة انصهار مركبات سموم الأفلا (0250 م) لغرض تحقيق أي تحلل فعال لهذه السموم . وفي حالة وجود الرطوبة فإنه يمكن تحقيق تحلل أكفأ للسموم الفطرية وبدرجات حرارية أوطأ مما هو عليه الحال عند استخدام الحرارة الجافة. وإن زيادة نسبة الرطوبة والزمن يعملان على زيادة معدل تحلل سموم الأفلا. ولكن على أية حال ، فإن تأثيرات المعاملة الحرارية في المظهر الخارجي والقيمة الغذائية للمنتجات الزراعية يجعل من إمكانية تطبيقها عملياً أمر مشكوك فيه.

ب. التشعيع :

إن سموم الأفلا من المركبات الحساسة للأشعة فوق البنفسجية ، وتعتمد مدى كفاءة عملية تحلل سموم الأفلا في المنتجات المعاملة بهذه الطريقة على:

- طبيعة المذيب العضوي المستخدم.
- تركيز السم الفطري.
- طول مدة تعرض المادة المعنية للأشعة فوق البنفسجية.

ولا تتوفر إلى الوقت الحاضر الأدلة الكافية التي يمكن أن تشير بشكل واضح إلى إمكانية استخدام مثل هذه الطريقة على النطاق التطبيقي في معاملة المحاصيل الزراعية.

2 - الطرق الكيماوية:

قام الباحثون باختبار مدى واسع من المركبات الكيماوية لدراسة مدى فعاليتها في تحطيم السموم الفطرية ومنها الحوامض ، القواعد ، مركبات الألديهايد ، العوامل المؤكسدة والعديد من الغازات.

بالرغم ما للحوامض القوية من تأثير كبير في تحطيم السموم الفطرية ، إلا أنه من غير المحتمل استخدامها عملياً في إزالة سموم الأعفان من المنتجات الزراعية لأن مثل هذه المعاملات سوف تعمل على إحداث تغيير كلي في خواص العوامل الغذائية لمثل هذه المنتجات وتجعلها غير صالحة للاستهلاك سواء كغذاء بشري أو كعلف حيواني.

إلى جانب ما سبق ذكره ، هناك عدد آخر من الطرق ذات الكلفة الواطئة التي يتم فيها الاعتماد على استخدام القواعد العضوية واللاعضوية لإزالة السموم الفطرية من المنتجات الزراعية ، مثل استخدام هيدروكسيد الصوديوم لتدمير مركبات سموم الأفلا الموجودة في الزيوت أثناء مرحلة التصفية ، بينما يستخدم هيدروكسيد الكالسيوم والفورمالدهايد لإزالة مركبات سموم الأفلا من كسبة فستق الحقل.

أما استخدام غاز الأمونيا اللامائي فيعد من أفضل التقنيات المتوفرة في الوقت الحاضر لإزالة مركبات سموم الأفلا الموجودة في السلع الزراعية. ولقد تبين من الدراسات في هذا المجال أن معاملة سم الأفلا من النوع B1 بالأمونيا يعمل على فتح حلقة اللاكتون الموجودة في جزيئة هذا المركب وينجم عن ذلك تكوين ملح الأمونيوم من حامض الهيدروكسي الناتج. ومن حيث المبدأ إن هذا التفاعل يكون متعاكساً، ولمنع إعادة غلق حلقة اللاكتون فإن مثل هذا التفاعل يجب أن يحدث في درجات حرارة وضغط عاليين مما يؤدي إلى تحويل حامض الكيتو إلى ما يسمى بمركب الأفلا من النوع D1 . وعلى الرغم أن مثل هذا التفاعل يمكن أن يحدث في أنبوبة الاختبار، ولكن الموقف يكون أكثر تعقيداً في التطبيق الميداني، إذ أن الجزيئه المفتوحة من مركب B1 يمكن أن ترتبط عكسياً مع مكونات المادة الغذائية المراد معاملتها وبذلك يتم تكوين كمية قليلة من سم الأفلا من النوع D1 وقد لوحظ حدوث مثل هذه الظاهرة عند معاملة الذرة الصفراء الملوثة بسم الأفلا من النوع B1 بالأمونيا. وفي ضوء ذلك تم تطوير تقنية المعاملة بالأمونيا لأجل تطبيقها

على النطاق الصناعي الواسع وتبين من النتائج الميدانية أن المعاملة بهذه الطريقة أدى إلى تحلل زهاء (95-98%) من مجموع مركبات سموم الأفلا الموجودة في السلع الزراعية المعاملة بهذه التقنية. ويجري في الولايات المتحدة الأمريكية استخدام مثل هذه الطريقة لكل من الذرة الصفراء وبذور القطن ولكن لازال البحث جارياً للتأكد من عدم سمية المنتجات الزراعية المعاملة بالأمونيا عند استخدامها في صناعة الأعلاف الحيوانية بغية اعتماد هذه التقنية مستقبلاً في التخلص من مركبات سموم الأفلا من هذه المواد الأولية. كذلك تشير نتائج الدراسات إلى فعالية بعض العوامل المؤكسدة مثل بيروكسيد الهيدروجين في إزالة مركبات سموم الأفلا الموجود في الأغذية البشرية أو المواد العلفية الحيوانية. ولكن على أية حال تبقى هناك محددات لاستخدام مثل هذه الطرق بسبب الضرورة إلى استخدام الحرارة العالية ولفترات زمنية قد تكون طويلة أحيانا ، وكذلك عدم تحقيق تحلل كاف لسم الأفلا من النوع B2 فضلاً عن الكلف العالية للمواد الكيماوية والأجهزه اللازمة لإنجاز مثل هذه المعاملات.

3 - الطرق البايولوجية :

يجري العمل في الوقت الحاضر على دراسة إمكانية الاستفادة من القدرة الطبيعية للكائنات الحية الدقيقة في تفتيت وتحلل الجزيئات العضوية. إذ تشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن للعديد من هذه الكائنات المجهرية ومن ضمنها البكتريا ، الأعفان ، الخمائر ، الطحالب قدرات متباينة في تحليل سموم الأفلا. ووجد أن أكثر هذه الأحياء فعالية في هذا المجال هي *Flavobacterium aurantiacum* ، حيث باستطاعة هذا الكائن الحي في محلول مائي أن يعمل على تمثيل سم الأفلا من نوع M1, G1, B1. ولكن لحد الآن لم يتم اختبار جدوى مثل هذه الطرق على المستوى التجاري الواسع.

فضلاً عن ذلك يجري حالياً دراسة إمكانية إنتاج أنزيمات متخصصة في تحليل السموم الفطرية لغرض استخدامها في التطبيق العملي الواسع.

الاتجاهات الحديثة في الحد من سمية السموم الفطرية:

سبق وأن أشرنا إلى أن الباحثين قاموا باستنباط مختلف الطرق الفيزياوية، الكيماوية والحيوية لإزالة السموم الفطرية من المواد الغذائية الأولية الملوثة بمثل هذه المركبات السمية، ولكن لم يتم إلى حد الآن التوصل إلى طريقة مناسبة وفعالة

لإزالة السموم الفطرية على نطاق تجاري واسع.

في ضوء ما سبق ذكره تم حديثاً التوجه نحو البحث عن مركبات تضاف إلى الغذاء لأجل الحد من سمية السموم الفطرية الموجودة في شتى مصادر الغذاء الملوثة بمثل هذه المركبات الخطرة. وفيما يلي استعراضاً لما تم التوصل إليه في هذا المجال:

1 - المركبات الممتزة: Adsorpants

تشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أنه تم تقييم العديد من هذه المركبات (السليكا، مركبات سليكات الألمنيوم، سليكات الألمنيوم الكالسيوم الصوديوم اللامائية، الفحم المنشط والأطيان الخاملة مثل بنتونايت الصوديوم) فيما يخص قابليتها بالنسبة لإزالة سموم الأفلا من المحاليل المحتوية على مثل هذه المركبات السمية، وقد تبين أن مثل هذه المركبات تعمل على إزالة سموم الأفلا من هذه المحاليل، وعند استخدام مثل هذه المركبات في تجارب الحيوانات المختبرية تبين أن لها تأثيراً واضحاً في الحد من التأثير السمي لسموم الأفلا في مختلف الفعاليات الحيوية لهذه الحيوانات. إذ تشير النتائج المتوفرة إلى أن إضافة سليكات الألمنيوم -الكالسيوم-الصوديوم اللامائية بنسبة 0.5% إلى علف الأفراخ الصغيرة قد أدى إلى خفض الأثر السمي لسموم الأفلا الموجودة في الغذاء، مقارنة بما هو عليه بالنسبة للأفراخ المعطاة العلف الحاوي لسموم الأفلا لوحدها ، وكان المعيار لذلك التأثير هو معدل النمو وعدم تأثر التركيب النسيجي للكبد. وعلى الرغم من أن آلية المسار الكيماوي الذي يتم بموجبها الاتحاد ما بين مركب سليكات الألمنيوم ـ الكالسيوم ـ الصوديوم اللامائية وجزيئة سموم الأفلا لا زالت غير واضحة إلا أن الاعتقاد السائد هو أن قابلية الارتباط ما بين جزيئة سموم الأفلا والمركب آنف الذكر تعمل على الحد من التوفر الحيوي (Bio-availability)لهذا المركب السمي مما يعمل على إعاقة امتصاصه من القناة الهضمية وبالتالي منع تسربه إلى أنسجة الجسم المختلفة.

وقد لوحظ تأثير مماثل لمركب سليكات الألمنيوم ـ الكالسيوم ـ الصوديوم اللامائية في الحد من التأثير السمي لسموم الأفلا في كل من الخنازير والجرذان . إذ وجد أن إضافة هذا المركب بمستوى 0.5 % إلى غذاء الخنازير المحتوي على 725 نانوغرام من سموم الأفلا لكل غرام من العلف تسبب في تحسن معدلات النمو ، كمية العلف المستهلك ومعامل التحويل الغذائي وذلك بعد مرور 35 يوماً

من التغذية على العلف الملوث (الجدول 7-4) . كما تبين أن التركيب النسيجي للكبد من الخنازير المعطاة العلف الحاوي لسموم الأفلا المضاف إليه مركب السليكات كان مشابهاً لذلك من الحيوانات المعطاة العلف الخالي من سموم الأفلا ، بينما لوحظ حصول تغيرات واضحة في أنسجة الكبد المأخوذ من الحيوانات المعطاة العلف الحاوي على سموم الأفلا لوحدها .

من جهة أخرى ، أشارت نتائج الدراسات إلى أن كل من الفحم المنشط وبنتونايت الصوديوم لها تأثير مماثل لمركبات سيليكات الألمنيوم - الكالسيوم - الصوديوم اللامائية في الحد من سمية مجموعة مركبات سموم الأفلا ، إذ تشير النتائج المتوفرة إلى أن إعطاء الفحم المنشط أو بنتونايت الصوديوم مع العلف الحاوي لسموم الأفلا إلى أفراخ الدجاج النامية قد أدى إلى تحسن معدلات النمو وكمية العلف المستهلك مقارنة بما هو عليه الحال بالنسبة للأفراخ المغذاة على العلف الحاوي لسموم الأفلا لوحدها .

الجدول (7-4) : تأثير إضافة مركب سليكات الألمنيوم - الكالسيوم - الصوديوم اللامائية في الحد من سمية سموم الأفلا في الخنازير.

الصفات	المعاملات الغذائية		
	علف خالي من سموم الأفلا	علف يحتوي على سموم الأفلا	علف يحتوي سموم الأفلا + سليكات الألمنيوم - الصوديوم - الكالسيوم اللامائية
معدل الزيادة الوزنية اليومية /كغم	0.776	0.519	0.734
كمية العلف المستهلك كغم / يوم	2.019	1.445	1.816
معامل التحويل الغذائي	0.384	0.362	0.406

فضلاً عن ذلك ، تبين أن إضافة الفحم المنشط أو بنتونايت الصوديوم إلى

العلف الحاوي على سموم الأفلا قد أدى إلى الحد من تضخم الأعضاء الداخلية للطيور معبراً عن ذلك بالوزن النسبي لكل من الكبد، الكلى والطحال مقارنة بالوزن النسبي لنفس الأعضاء المأخوذة من الطيور المغذاة على العلف الحاوي على سموم الأفلا لوحدها (الجدول 7-5).

الجدول (7-5) : تأثير إضافة الفحم المنشط أو بنتونايت الصوديوم في الحد من سمية سموم الأفلا في الأفراخ الصغيرة.

الصفة	المعاملات الغذائية			
	بدون سموم الأفلا	سموم الأفلا 2.5 ملغم/كغم	سموم الأفلا+الفحم المنشط	سموم الأفلا+بنتونايت الصوديوم
الزيادة الوزنية من عمر يوم-21 يوم(غم)	376.5	251.5	376	345.5
كمية العلف المستهلك غم/طائر/21يوم	524.9	414.5	542.6	485.9
الوزن النسبي للأعضاء الداخلية غم/100غم من وزن الجسم :				
الكبد	3.49	4.53	3.39	3.85
الكلية	0.84	1.10	0.98	0.88
الطحال	0.12	0.30	0.16	0.11

2 - السليلوز:

إن الاعتقاد السائد بين الباحثين هو أن الألياف تعمل على امتزاز سموم الأفلا في القناة الهضمية وبالتالي تعمل على إعاقة امتصاصها من قبل الجسم، إلا أن الميكانيكية التي تتم بموجبها هذه العملية لازالت بحاجة إلى الكثير من البحث والدراسة، وعلى الرغم من قلة المعلومات المتوفرة بهذا الشأن إلا أن النتائج القليلة المتحصل عليها تشير إلى أن إضافة نخالة القمح للأعلاف الحاوية على سموم الأفلا يعمل على الحد من تأثيرها السمي للجرذان كما ينجم عن ذلك زيادة في نسبة سموم الأفلا المطروحة مع فضلات الجهاز الهضمي. إن هذا النوع من

التداخل بين سموم الأفلا وطبيعة مكونات الغذاء له أهمية كبيرة ، إذ ربما يكون في المستقبل مدخلاً لتوفير الحماية للحيوانات الزراعية من سموم الأعفان التي قد تكون موجودة مع مختلف أنواع المواد العلفية الأولية التي تدخل في صناعة العلف الحيواني.

3 - الرايبوفلافين والميثايونين :

على الرغم من عدم وضوح الدور الذي تلعبه الفيتامينات بالتداخل مع سموم الأفلا إلا أن هناك ما يشير إلى أن نقص الرايبوفلافين (احد فيتامينات مجموعة ب المركبة) يؤدي إلى زيادة حساسية أفراخ الدواجن للتأثير السمي لسموم الأفلا ، وإن زيادة مستواه في العلف يؤدي إلى حماية الأفراخ الصغيرة من التأثيرات السمية لهذا المركب ، ويعتقد أن الرايبوفلافين يعمل على تكوين مركبات معقدة مع سموم الأفلا وإن هذه المركبات غير قابلة للامتصاص من قبل الجهاز الهضمي ، فضلاً عن ذلك فإن الرايبوفلافين يدخل في تركيب الإنزيمات المسئولة عن التخلص من المركبات السمية عند دخولها إلى الكبد.

أما بالنسبة للميثايونين(أحد الأحماض الأمينية) فقد وجد أن زيادة مستواه في الغذاء يعمل على تثبيط الأثر السمي لسموم الأفلا ، ولكن لازال هناك نوع من الغموض يكتنف المسار الذي تتم بموجبه هذه العملية.

في ضوء ما سبق ذكره ، يتضح أن المركبات آنفة الذكر لها تأثير إيجابي في تثبيط الأثر السمي لمركبات سموم الأفلا عند تناولها من قبل الكائنات الحية ، ولكن لازال تأثير هذه المركبات في الحد من سمية الأنواع الأخرى من سموم الأعفان والكيفية التي تعمل بموجبها هذه المركبات بالتداخل مع سموم الأعفان بحاجة إلى المزيد من الدراسة والبحث لأجل التوصل إلى فهم أكثر عمقا لآلية عمل هذه المركبات من الناحية الكيموحيوية لكي يكون بالإمكان استخدامها مستقبلا كوسائل وقائية ضد سموم الأعفان التي ربما تكون متواجدة سواء في الأغذية البشرية أو مختلف مكونات العلف الحيواني .

الفصل الثامن
السيطرة على نمو الأعفان في الأغذية

لا يكون إنتاج السموم الفطرية في الأغذية البشرية ،على مختلف أنواعها، مقصوراً على جنس واحد من الأعفان ، إذ تنتج هذه المركبات السمية من مجموعة متباينة من الأجناس إذا توفرت لها الظروف المناسبة من درجات الحرارة والرطوبة النسبية في مختلف الأوساط الغذائية سواء في الحقل أثناء نمو المحصول ، بعد الحصاد والنقل ، خلال الخزن أو التصنيع أو حتى أثناء الاستخدام المنزلي لها، كذلك تكون الأغذية المحفوظة تحت التبريد عرضة لنمو الأعفان المحبة للبرودة عليها وبالتالي إفراز سمومها فيها.

إن الأعفان من أجناس كل من : الإسبرجلس ، البنيسيليوم والفيوزاريوم تعد من أكثر الأعفان أهمية في مجال إنتاج السموم الفطرية في الوقت الحاضر في مختلف أنواع الأغذية التي يستخدمها الإنسان في حياته اليومية ، ولكن هناك عدداً آخر من الأعفان من أجناس أخرى التي لها القابلية على إنتاج السموم الفطرية في مختلف أنواع الأغذية البشرية إذا توفرت الظروف المناسبة لنموها ثم إنتاجها للسموم الفطرية.

على سبيل المثال لا الحصر ، إن العفن ***P. leptostromiformis***يعيش على بعض أنواع البقوليات بشكل طفيلي أو رمي وينتج سمومه فيها ، وبالرغم من معرفة التراكيب الكيمياويه للسموم الفطرية الناتجة من العفن آنف الذكر ، غير أنه لا تتوفر عنها في الوقت الحاضر أية معلومات مفصلة في الدراسات المنشورة حول تأثيرها في الفعاليات الحيوية للإنسان سواءً على النطاق المختبري أو في الميدان.

خلال العقود الثلاث الأخيرة من القرن العشرين المنصرم ، حضت الأعفان بالكثير من الاهتمام والدراسة وذلك في ضوء قدرتها على إنتاج مركبات سامة . وبالرغم من أن بعض الأعفان ، مثل العفن ***Claviceps purpurea*** المنتج لسموم الأرجوت (Ergot) الذي ينمو على حبوب الشيلم المستخدمة في صناعة الخبز في أوربا آنذاك، كان معروفاً منذ قرون عدة بسبب سميته العالية والحادة ، غير أنه بعد اكتشاف سموم الأفلا (Aflatoxin) في عام 1961 ، وهو مركب سمي مسرطن ينتجه العفن من سلالة ***Aspergillus flavus*** ، تبين من خلال الدراسات والبحوث المستفيضة التي تلت هذا الاكتشاف إن هناك عدداً كبيراً من الأعفان من مختلف

الأجناس لها القدرة على إنتاج السموم الفطرية كما سبق وأن أشرنا إليه آنفا . إن وجود الأعفان التي لها القدرة على إنتاج المركبات السمية على المواد الغذائية، كالحبوب والفواكه والخضر واللحوم والأجبان، لا يعني بالضرورة أن مثل هذه المواد تكون دائماً ملوثة بالسموم الفطرية ،إذ أن هناك العديد من العوامل البيئية التي تتحكم في قدرة العفن على إنتاج السموم الفطرية في الأغذية البشرية .

أهم أجناس الأعفان المنتجة للسموم الفطرية:

سبق وأن أشرنا إلى توصل الباحثين إلى تشخيص أعداد كبيرة من الأعفان المنتجة للسموم الفطرية ولكن أكثرها أهمية هي مجموعة الأعفان التي تعود إلى ثلاثة أجناس ، حيث حظيت السموم المنتجة منها بالكثير من الدراسات والبحوث بالنسبة لتأثيراتها السلبية في مختلف الفعاليات الحيوية للإنسان بشكل خاص وهي كالآتي:

1- الأعفان من جنس البنيسيليوم :

تنتشر الغالبية العظمى من أنواع الأعفان من هذا الجنس في مختلف البيئات ، تعد الأعفان الزرقاء والخضراء من أكثر أعفان هذا الجنس انتشاراً في المناطق المعتدلة من العالم والتي تسبب التلف الغذائي . وعلى الرغم من أن أعفان هذا الجنس تعد رمية المعيشة أساسا ، غير أن بعضاً منها قد تكيفت لإحداث الإصابات الطفيلية لبعض أنواع الفواكه والخضر فالعفن الأخضر ***P. digitatum*** والعفن الأزرق ***P. italicum*** يصيبان الفاكهة الحمضية كالبرتقال والليمون وغيرها من الفاكهة التي تنتمي إلى هذه المجموعة، بينما يهاجم العفن ***P. expansum*** ثمار التفاح ، والعفن ***P. gladioli*** يتطفل على الكورمات والأبصال ومنها البصل الاعتيادي. إلى جانب الآثار الضارة لأعفان هذا الجنس ، هناك بعض الأنواع منها تعد ذات فائدة للإنسان سواء في مختلف الصناعات الغذائية أو في مجال إنتاج المضادات الحيوية ، فالنوعين ***P. roquefortii*** و ***P. camembertii*** يستخدمان في صناعة الأنواع الفاخرة من الجبن لإعطائها نكهة خاصة عن طريق استخدام هذه الأعفان ، بينما يستخدم النوع ***P. chrysogenum*** في إنتاج معظم المواد الأوليه المستخدمه في تحضير مركب البنسلين الذي يعد من أول المضادات الحيوية التي تم اكتشافها لمعالجة الالتهابات الناجمة عن الإصابات البكتيرية.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن هناك تبايناً ملحوظاً بين أنواع أعفان البنيسيليوم في طبيعة المركبات السمية التي تنتجها وكذلك نوعية الأوساط المفضلة لنموها ، الجدول (8 . 1) .

الجدول (8-1) : أهم أنواع عفن البنيسيليوم المنتجة للسموم الفطرية على الحبوب والمواد الغذائية الأخرى .

نوع العفن	اسم السم الفطري	وسط نمو العفن وانتشاره
P.citrinum	Citrinin	ينتشر في أرجاء العالم على مختلف الأغذيه البشرية.
P. cyclopium	Penitrem A Cyclopiazonic acid Ochratoxin A Penecillic acid	شائع الوجود في الحبوب وأنواع أخرى من الأغذيه.
P. expansum	Patulin Citrinin	ينتج بدرجة أساسيه في التفاح والكمثرى المتعفنه ويمكن أن يوجد في ثمار أخرى.
P. islandicum	Luteoskyrin Islanditoxin Cyclochlorotine	يتواجد في الحبوب وبشكل خاص في المناطق الاستوائيه .
P. roquefortii	P.R. toxin Roquefortin	في الجبن الأزرق ، والمواد المحفوظه في التبريد.
P. viridicatum	Ochratoxins Citrinin Viridicatin Viomellein Xanthomegnin	واسع الانتشار في مختلف أرجاء العالم في الحبوب ومنتجاتها.

2- الأعفان من جنس الأسبرجلس :

على عكس الأعفان من جنس البنسيليوم التي يكثر انتشارها في المناطق المعتدلة من العالم ، فإن الأعفان من جنس الأسبرجلس تفضل البيئة الأكثر دفئاً من العالم لذلك تكون في الغالب مصاحبة للتلف الغذائي الذي يحصل في المناطق الحارة وشبه الحارة . ولهذا الجنس أهمية خاصة تعود إلى احتوائه على عدة أنواع لها القدرة على المعيشة في درجات واطئة من الفعالية المائية ،أي في المواد الغذائية شبه الجافة والتي تحتوي على نسب واطئة نوعا ما من الرطوبة، وعليه فإن

وجود هذه الأعفان يكون مصاحباً للتلف الغذائي الذي يحدث في المواد الغذائية الجافة مثل فستق الحقل (Peanut) التي لا تستطيع أنواع أخرى من الأعفان مهاجمتها بسبب عدم ملائمة محتواها الرطوبي لنمو هذه الأنواع من الكائنات المجهرية الدقيقة(الجدول 8-2).

على الرغم من وجود العديد من أنواع عفن الأسبرجلس التي لها القدرة على إنتاج العديد من المركبات السمية إلا إن بعض أنواع عفن الأسبرجلس تعد من الأعفان المفيدة إذ تستخدم مثل هذه الأنواع لأغراض الصناعات الغذائية أو لإنتاج مواد أولية تستخدم في تصنيع الأغذية مثل حامض الستريك وغيرها .

إن المركبات الأيضية الثانوية التي تنتجها بعض أنواع جنس الأسبرجلس عرفت باسم سموم الأفلا ، وتعد من المركبات الشديدة الخطورة بالنسبة لصحة الإنسان ، ولقد حظيت بالكثير من اهتمام الباحثين منذ اكتشافها في أوائل عقد الستينيات إلى يومنا هذا مقارنة بالسموم الفطرية الأخرى. ونظراً لخطورة هذه المركبات فقد تم تعديل العديد من قوانين الفحص النوعي وتلك الخاصة بتداول الحبوب والبذور الزيتية والمنتجات التي يحتمل أن يتم تلوثها بهذه المركبات في الكثير من بلدان العالم بهدف حماية الإنسان من مخاطر التعرض لهذه السموم الخطيرة . وإلى جانب ذلك فقد عملت هذه السموم على تقديم أداة فعالة بيد الباحثين لغرض دراسة الأمراض السرطانية نظراً لقدرتها على إحداث الأورام السرطانية عند دخولها إلى الجسم الحي .

الجدول (8 ـ 2) : أهم أنواع الأعفان المنتجة للسموم من جنس الأسبرجلس.

النوع	اسم المركب السام	الملاحظات
A.chevalieri	Xanthocillin	يحدث في الحبوب ومنتجاتها أثناء الخزن.
A.flavus	Aflatoxin Aflatrem	يحدث المحاصيل الزراعية مثل الذرة الصفراء المستخدمة في إعداد رقائق الذرة المحمصة،فستق الحقل أو الكسبة المتخلفة بعد عصر الزيت منه.
A.versicolor	Sterigmatocystin Cyclopiazonic acid	يحدث في الأجبان الناضجة،اللحوم المدخنة.

مبدئياً كانت الأعفان من النوع ***A.flavus*** والنوع ***A.parasiticus*** تعد جزءاً من مجموعة الأحياء الدقيقة التي تسبب تلف المحاصيل الزراعية أثناء الخزن ، وإن مسألة التلوث بسموم الأفلا المنتجة من النوعين آنفي الذكر تعد مسألة بسيطة ناجمة عن سوء العناية بالتخزين بعد الحصاد . فإذا كانت الحالة كذلك ، فإن هذا يعني أنه من الممكن السيطرة على مشكلة حدوث سموم الأفلا في الأغذية البشرية من خلال تأمين الظروف المناسبة من درجات الحرارة والمستوى الرطوبي للمواد أثناء خزنها أو خلال تداولها . ولكن لسوء الطالع ، فإن تلوث بعض السلع الزراعية مثل الذرة الصفراء وفستق الحقل بسموم الأفلا مسألة أكثر تعقيداً ، وربما تبدأ من تعرض المحصول للإصابة بالعفن المنتج للمركبات السمية آنفة الذكر في الحقل قبل حصاده وتجفيفه . إن الإصابة بالأعفان من النوعين المشار اليهما سالفاً في الحقول تكون مصاحبة لظروف الجفاف والإصابات الحشرية بشكل خاص ، ومع ذلك يمكن أن تصاب الأنسجة النباتية السليمة إذا ما سقطت سبورات العفن على الأجهزة التناسلية (المتوك) للنبات أثناء عملية تطور الزهرة ، وبعد الإصابة تبدأ السبورات بالإنبات وتبدأ خيوط العفن (الهايفات) بالتغلغل داخل أنسجة البذرة أثناء مراحل تكوينها بدون إحداث أي أضرار مرئية فيها . إن بذور فستق الحقل أو الذرة الصفراء في مثل هذه الحالات تكون حاوية على السموم الفطرية بالرغم من أنها تبدو ظاهرياً سليمة وصحية ، لكن مع ذلك فإن المستويات العالية من سموم الأفلا يتم تكوينها في المنتجات التي تبدو للعيان مصابة وتالفة ، وإن المواد المحصودة والمخزونة بشكل سيء تبقى أكثر عرضه للتلوث بمستويات شديدة الخطورة من هذه المركبات السامة.

3- الأعفان من جنس الفيوزاريوم :

تغطي هذه المجموعة من الأعفان عدداً كبيراً من الأنواع التي بعضاً منها يعد من الأعفان الطفيلية المتخصصة في إحداث العديد من الأمراض النباتية ، بينما البعض الآخر يكون مجرد أعفان رمية تعيش على بقايا النباتات الهرمة أو تسبب تلفاً في العديد من المنتجات الصناعية من خلال العمل على تحللها عضوياً .

ونظراً لصلة هذه المجموعة من الأعفان القريبة من النباتات ، واحتياجاتها لدرجة عالية من الفعالية المائية نسبياً ، عليه فإن مجموعة الفيوزاريوم تبدأ نموها عادة على المحاصيل الزراعية قبل الحصاد ويتعاظم ذلك في حالة سقوط كميات

من الأمطار قبل ذلك ، وبالرغم من أن بعض الأنواع مثل ***F.moniliforme*** يكون مصاحباً للأجواء الحارة وشبه الحارة بشكل خاص ، وإن البعض الآخر ينتشر في الأجواء الباردة مثل ***F.sporotrichioides*** ، إلا أنه هناك العديد من الأنواع تحدث في المناطق المعتدلة من العالم.

تنتج مجموعة أعفان الفيوزاريوم عدد من المركبات السمية تدعى بالترايكوثيسينات والزيرالينون والفيوزارين وغيرها من المركبات الأيضية السامة ، ومن الجدير بالذكر إن هناك أجناسا أخرى من الأعفان التي تقوم بإنتاج مركبات سمية مشابهة لتلك التي تنتجها أجناس الفيوزاريوم ، فضلاً عن ذلك تقوم أعفان أخرى من غير جنس الفيوزاريوم بإنتاج السموم الفطرية من مجموعة الترايكوثيسينات .

حدوث الإصابات بالأعفان :

إن المواد الغذائية الأولية الخام المستخدمة لغذاء الإنسان أو المنتجات الثانوية لمختلف هذه المواد الغذائية ،يمكن أن تتعرض للتلوث بالأبواغ (سبورات العفن) ،أو أية أجزاء أخرى من العفن من البيئة المحيطة بها ، ويمكن للتلوث أن يحدث خلال مختلف مراحل إنتاج مثل هذه المواد وكما يلي:

1- خلال مراحل نمو ونضج المحصول في الحقل.

2- خلال عمليات الحصاد والنقل والخزن.

3- خلال عمليات التصنيع الأولي أو النهائي للمنتجات الغذائية.

4-خلال الخزن تحت التبريد.

إن وجود أعداد كبيرة من الأبواغ (السبورات) أو الكونيديات أو كسرات الميسيليوم في المنتجات التي لا يبدو عليها أي نموات ظاهرة للعيان من الأعفان يمكن أن يدل على أمرين مهمين هما :

1- تلوث البيئة المحيطة بهذه المواد الغذائية بالأعفان بشكل واسع.

2- استخدام مواد أولية ملوثة أساسا قبل تصنيعها.

وبصورة عامة يمكن القول بأن عمليات التصنيع ، وخاصة المعاملات الحرارية، تعمل على إبطال فعالية الأعفان وتسبب فقدانها لحيويتها وبالتالي قتلها ، ولكن لا تؤثر في السموم الفطرية التي سبق إنتاجها قبل تعرض العفن الملوث للمادة الغذائية لأي نوع من المعاملات التي تقضي عليه.

إن نمو الأعفان لا يحدث ما لم تكن الظروف البيئية المحيطة بالعفن مواتية لذلك ، وتتباين طبيعة الظروف الملائمة من نوع لآخر ، كذلك فإن التكيف يحدد أي الأنواع من الأعفان تكون أكثر سيادة من الأخرى ، وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن مختلف المواد الغذائية الأولية أو المصنعة معرضة للتلوث بشتى أنواع الأعفان (الجدول8-3) ، يلاحظ من الجدول المذكور أن بعض سلالات النوع الواحد من الأعفان تكون سائدة أكثر من سلالات الأنواع الأخرى ولكن لم يعرف السبب في ذلك إلى يومنا هذا ، ولكن يبدو أن هنالك علاقة وثيقة ما بين سيادة نوع من الأعفان على نوع آخر وصفات ذلك العفن وخواص الوسط الغذائي الذي ينمو فيه ، كذلك فإن سيادة نوع معين دون آخر يمكن أن يعزى إلى التلوث الشديد الذي يمكن أن يحدث من البيئة التي تم إنتاج المحصول الزراعي فيها والتي تتوفر فيها أساسا الظروف الملائمة لنمو ذلك النوع من الأعفان الذي يسود الوسط الغذائي المعني . فعلى سبيل المثال لا الحصر ، يلاحظ أن التفاح غالباً ما يصاب بالعفن ، ***Penicillium expansum*** وربما يعزى سبب سيادة هذا النوع من الأعفان المنتجة للسموم هو نموها أصلا على المادة العضوية المتحللة التي يكثر وجودها في بساتين التفاح مما يساعد على نقل الإصابة إلى الثمار أثناء جنيها خاصة عند تساقطها على الأرض أثناء هذه العملية . من المعروف أن الخضراوات المستعملة لإعداد أطباق السلطة الجاهزة تحفظ عادة تحت التبريد لفترات طويلة نسبياً ، وهذا يساعد في سيادة الأعفان من نوع ***Cladsporium herbarum*** و ***Penicillium verrucosum var.cyclopium*** المحبة للبرودة ، عليه يستحسن عدم ترك أطباق السلطة الجاهزة لفترة طويلة بعد إعدادها بغية تجنب نمو الأعفان عليها على الرغم من كونها محفوظة تحت التبريد. من جهة أخرى فإن إضافة بعض المركبات الكيماوية الحافظة مثل البروبيونات والسوربيتات إلى الخبز المصنوع من حبوب الشيلم (الشيلم هو نوع من الحبوب مشابهة للقمح وتستخدم هذه الحبوب لصناعة الخبز عالي الألياف الذي يستخدم لأغراض الحمية الغذائية) يؤدي إلى سيادة العفن من نوع ***Penicillium roqueforti*** الذي يعد مقاوم لمفعول السوربيتات على الرغم من كونها مادة حافظة تستخدم في الأغذية المعلبة.

كذلك تلعب نسبة الرطوبة والفعالية المائية (Water activity) دوراً مهماً في نوع الأعفان السائدة في الأجبان الجافة خلال فترة إنضاجها في المخازن المعدة لهذا الغرض ، إذ أن تغير الفعالية المائية ونسبة الرطوبة في الجبن الجاف مع تقدم عمر الإنضاج يساعدان في سيادة نوع من الأعفان دون الآخر. إن الأعفان من الأنواع ***Penicillium verrucosum var. verrucosum*** وكذلك ***P.brevicompaetum*** يحل محلها النوع ***Aspergillus versicolor*** والعفن الذي ينمو في أوساط تميل إلى الجفاف من نوع ***A.repens*** ، وذلك مع تقدم عمر النضج في الجبن بينما يبقى العفن من نوع ***P.verrucosum var. cyclopium*** متواجداً في كافة مراحل النضج بغض النظر عن نسبة الرطوبة في الجبن .

وبصورة عامة تشير نتائج الدراسات إلى أن مصادر التلوث يمكن أن تكون من البيئة التي ينمو فيها المحصول ، خلال عمليات تداول وإعداد المحصول الأولية ، خلال التصنيع للمنتجات النهائية أو خلال استخدامها من قبل المستهلك نفسه.

في ضوء ما سبق ذكره ، ولأجل تجنب حدوث تلوث مختلف مصادر الغذاء بالأعفان يجب العناية بمختلف المحاصيل الزراعية من الحبوب والفواكه والخضر منذ بداية نموها في الحقل إذ يجب مراقبة حصول أي نمو فطري عليها والعمل على اتخاذ الوسائل المناسبة لعلاج مثل هذه الإصابات منعا لتعاظمها وبالتالي حصول تلوث شتى المحاصيل آنفة الذكر بسموم الأعفان النامية عليها مما يعرض صحة المستهلك إلى أخطار جمة.

أما عند وصول المنتج إلى المستهلك فعليه اتخاذ الإجراءات المناسبة لغسل وتنظيف مختلف أنواع الفواكه والخضر قبل وضعها في الثلاجات ، ولكن من المهم جدا هنا عدم ترك الأغذية مكشوفة داخل الثلاجات لأن الجو داخل المطبخ يكون محملا بأبواغ(سبورات) مختلف الأعفان التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة التي متى ما سقطت على الغذاء فإنها تبدأ بالنمو عليه وخاصة الأعفان المحبة للبرودة، لذلك يوصى عادة بعدم ترك الأغذية لفترات طويلة تزيد عن ثلاثة أو أربعة أيام كحد أقصى في الثلاجات تجنبا لنمو الأعفان عليها مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري.

الجدول (8-3) : أنواع الأعفان المعزولة من مختلف المواد الغذائية الملوثة وغير الملوثة بالأعفان المنتجة للسموم.

نوع الفطر	الفواكه والخضراوات	البهارات	الحبوب	خبز القمح	الجبن الناضج	اللحوم ومنتجاتها
Alternaria alternata	+*	+	+	+	–	–
Aspergillus amstelodami	–**	+	+	–	+	+
Aspergillus candidus	–	–	+	–	+	+
Aspergillus chevalieri	–	-	+	–	+	+
Aspergillus flavus	+	+	+	+	–	+
Aspergillus versicolor	–	+	+	–	+	+
Cladosporium herbarum	+	+	+	+	–	+
Penicillium brevico - mpactam	+	+	+	+	+	+
Penicillium expansum	+	+	–	–	+	+
Penicillium roqueforti	+	+	+	+	+	+
Penicillium spinulosum	–	+	–	+	–	+
Penicillium verrucosum var. cyclopium	+	+	+	+	+	+
Penicillium verrucosum var. verrucosum	–	–	+	–	–	+
Penicillium frequentans	–	–	–	–	–	+

*يوجد نمو فطري في الوسط الغذائي المعني.

**لم يحدث نمو فطري في الوسط الغذائي المعني.

إن عدد الأنواع المعروفة بإنتاجها للسموم الفطرية إلى يومنا هذا تبلغ زهاء (150) نوعاً مختلفاً من الأعفان ، ولكن تجدر الإشارة هنا إلى أنه ليس جميع سلالات الأنواع السامة من الأعفان يجب أن تكون منتجة للسموم الفطرية . فمن نتائج الدراسات المعمقة في هذا المجال والتي تم فيها عزل عدد هائل من السلالات للعفن *Aspergillus flavus* من مختلف المصادر الغذائية التي شملت فستق الحقل ، الرز ، الذرة البيضاء،وقد وجد من جراء التحليل الدقيق لهذه السلالات أن النسبة المئوية للسلالات المعزولة من المحاصيل المذكورة أعلاه والتي لوحظ إنها قادرة على إنتاج السموم الفطرية ، سموم الأفلا ، كانت (24،20،81،98%) على التوالي من مجموع السلالات الكلي التي لوحظ وجودها على المحاصيل آنفة الذكر ، والجدول (8-4) يوضح أنواع الأعفان

المنتجة للمركبات السامة وأنواع المحاصيل والأغذية التي تنمو عليها ، وكان المركب السام السائد هو مجموعة سموم الأفلا المنتجة من قبل العفن *A.flavus* الذي ينمو على نباتات الذرة الصفراء الحية كما ينمو بشكل رمي على فستق الحقل ، الجوز واللوز والفستق وأنواع البهارات وغير ذلك من المحاصيل الزراعية الأخرى ، وتعد سموم الأفلا مركبات شديدة السمية للإنسان عند تناولها بجرعات عالية من خلال الغذاء الملوث بها، كذلك تعد عاملاً مسرطناً شديد القوة ، وتشير الدراسات في هذا المجال إلى حدوث سرطانات الكبد بنسب عالية بين السكان المستهلكين للأغذية الملوثة بسموم الأفلا ، وإلى جانب تلوث الغذاء بسموم الأفلا نتيجة لنمو الأعفان المنتجة لهذا المركب السام عليها ، فإن الأعلاف الحيوانية الملوثة به يمكن أن تتسبب في نقل هذا المركب السام إلى المنتجات الحيوانية ، فعلى سبيل المثال لا الحصر، في أبقار الحليب عند تغذيتها على أعلاف ملوثة بسموم الأفلا ، يلاحظ وجود سم الأفلا من النوع M في الحليب المنتج من هكذا أبقار ،في ضوء ذلك يجب على مربي أبقار الحليب الاهتمام بنوعية الأعلاف التي يقومون بتقديمها إلى أبقارهم بغية حماية المستهلك من مخاطر انتقال سموم الأفلا إلى جسمه من خلال الحليب الذي يتناول، ولهذه المسألة أهمية كبيرة بالنسبة للحليب السائل المستخدم في تحضير الحليب المجفف المستخدم في تغذية الأطفال الرضع، وتنص كافة التشريعات الدولية على وجوب خلو حليب الأطفال المجفف من هذا المركب السام تماما. كذلك لوحظ وجود المركب السام (Sterigmatocystine) في الأجبان الجافة التي سبق إصابتها بالعفن *A.versicolor* والذي يعد أيضا من المركبات المسببة لسرطانات الكبد. أما قلويات الأرجوت التي ينتجها العفن *Claviceps purpurea* فهي مركبات شديدة السمية للإنسان عند تناوله الخبز الملوث بها وسبق أن تسببت هذه السموم في هلاك الآلاف من البشر في القرون الوسطى في دول أوربا ولا يزال يلاحظ وجودها على الحبوب في شتى أنحاء العالم ، أما سم الأوكرا من النوع - A ، الذي تنتجه عـدة سلالات (ولعـل أهمها العفن *P.verrucosum var. verrucosum P.viridicatum*) يعد من السموم المؤثرة في الجهاز العصبي ، وقد وجد نتيجة التحاليل المختبرية وجود هذا السم في الكثير من المواد الغذائية كما وجد في لحوم الدواجن المذبوحة . وهناك بعض السموم الفطرية التي تهاجم أجهزة الجسم الأخرى مثل الكلية والجهاز العصبي وغيرها من أعضاء وأجهزة الجسم الأخرى مسببة مختلف الاضطرابات الحيوية

فيها.

الجدول (8-4) : بعض أنواع الأعفان المنتجة للمركبات السامة والأوساط الطبيعية التي تحدث فيها.

نوع العفن	نوع السموم المنتجة	الأوساط الطبيعية التي تحدث فيها
Claviceps purpurea	Ergot alkaloids	الحبوب
Fusarium roseum	Zearalenone	الحبوب
Fusarium tricinctum	Epoxytrichothecenes	الحبوب
Penicillium brevicompactum	Mycophenolic acid	الجبن
Penicillium camemberti	Cyclopiazonic acid	الجبن الطري
Penicillium griseofulvum	Patulin	البقوليات ، الجبن الطري
Penicillium verrucosum	Ochratoxins, citrinin	الحبوب ، الجبن الطري

العوامل المؤثرة في نمو الأعفان وتكوين السموم الفطرية:

إلى جانب توفر العناصر الغذائية الضرورية ، فإن من أكثر العوامل أهمية لنمو الأعفان وتكوينها للسموم هي:

1 - درجة الحرارة البيئية.

2 - الفعالية المائية.

3 - الأوكسجين.

ومن الجدير بالذكر أن نمو الأعفان على المحاصيل الزراعية أو منتجاتها يتباين بشكل واسع من موسم زراعي لآخر وذلك اعتمادا على توفر الظروف الملائمة لنمو هذه الأعفان وبالتالي إنتاجها لمركباتها السمية.

إن الحدود الدنيا لدرجات الحرارة المناسبة لنمو الأعفان تتوقف على نوع العفن ، ويبدو أن معظم سلالات العفن من النوع بنيسيليوم(*Penicillium*) تستطيع أن تنمو في مديات من درجات الحرارة أقل من تلك التي تحتاجها السلالات من نوع الأسبرجلس(*Aspergillus*). إن درجة الحرارة المثلى تقع ما بين (25 - 30° م) لمعظم سلالات عفن البنيسيليوم (Penicillium) و (30 - 40° م) لغالبية سلالات عفن الأسبرجلس (Aspergillus) بينما تقع الحدود القصوى لدرجات الحرارة المناسبة لنمو سلالات النوع الأول المذكور آنفا ما بين (28 - 35° م)

وتقع ما بين (37 - 45°م) لمعظم سلالات النوع الثاني . أما غالبية أنواع العفن *Fusarium* فيمكن اعتبارها ضمن مجموعة الأعفان التي تميل إلى البرودة وذلك لكون درجة الحرارة المثلى لنموها تقع ما بين (8 - 15° م) ، أما بالنسبة لعامل النمو الآخر ، وهو الفعالية المائية (aw) الذي هو عبارة عن مقياس لكمية الماء غير المرتبط أو الحر في المواد الغذائية والذي يكون متوفراً لنمو العفن ، ويعد هذا العامل أحد أهم العوامل المحددة لنمو الأعفان وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى في مختلف المواد الغذائية ، وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إن الفعالية المائية التي تحتاجها الأعفان تكون أقل بكثير من تلك التي يجب توفرها للبكتريا ، وهذا ما يفسر عدم تلف الكثير من المواد الغذائية بواسطة البكتريا بينما في الوقت عينه يتسبب نمو الأعفان عليها في تلفها .

وعلى هذا الأساس يمكن منع نمو الأعفان على المحاصيل الزراعية من خلال تجفيفها بحيث لا يزيد مقدار الفعالية المائية فيها عن (0.65) مع الحفاظ قدر الإمكان على هذا المستوى أو خفضه إلى أقل من ذلك ، ولكن على أية حال ، إذا كانت درجة الحرارة في أماكن خزن المحاصيل الزراعية أو المواد الغذائية المصنعة غير ثابتة فإن الفعالية المائية في المواد المخزونة يمكن أن ترتفع تدريجياً نتيجة ميل الرطوبة إلى الهجرة إلى البقع الباردة من زوايا المخزن مما ينجم عن ذلك تشجيع نمو الأعفان . إن الأعفان التي تستطيع النمو تحت درجة الفعالية المائية التي مقدارها أقل من (0.75) تدعى بأعفان المخازن ، وتشمل سلالات عفن الأسبرجلس التالية:
A.glaucus, A.halophilicus, A.ristrictus, Wallemia. sebi و *Monascus (xeromyces) bisporus* ،
ومن الأمثلة على المنتجات التي تكون الفعالية المائية فيها أقل من (0.75) : الفواكه المجففة ، مسحوق الحليب المجفف ، الحبوب المجففة تجفيفا جيدا على اختلاف أنواعها ومنتجات الأفران من الخبز وبعض أنواع المعجنات.

إن إنتاج سموم الأفلا يحصل في مديات متباينة من درجات الحرارة والفعالية المائية ، فسم الأفلا من النوع B1 يتكون في ظروف تكون فيها درجات الحرارة والفعالية المائية أقرب ما يكون إلى الحدود الدنيا التي تسمح بنمو العفن . أما سموم الباتولين، حامض البنسيليك ، سم الأوكرا من النوع - A فإنها تتكون في مديات من درجات الحرارة والفعالية المائية تعد أقل مما هو مناسب لنمو الأعفان المنتجة للسموم آنفة الذكر ، وهذا يقودنا إلى الاستنتاج بأنه ليس بالضرورة أن

يحدث نمو الأعفان ويتم إنتاج السموم الفطرية في آن واحد.

يعد الأوكسجين ضرورياً لنمو الأعفان، ولكن هناك بعض الأنواع التي تستطيع النمو في ظروف لا هوائية ويواكب ذلك إنتاج الأيثانول والحوامض العضوية. كذلك يؤثر الأوكسجين في إنتاج السموم الفطرية، حيث يتناقص إنتاج الباتولين وحامض البنسيليك بشكل حاد إذا لم تتوفر الكميات الكافية من غاز الأوكسجين، بالرغم من عدم تأثر معدل نمو العفن ذاته بشكل ملحوظ، وتشير نتائج الدراسات المتوفرة إلى أن إنتاج سموم الأفلا يكون محدداً بشكل كبير جداً إذا ما كان مستوى تركيز غاز الأوكسجين أقل من (1%) في الوسط الذي تنمو فيه الأعفان المنتجة لهذا النوع من المركبات السمية.

إن درجة تركيز أيون الهيدروجين (PH) وتركيب الوسط الغذائي ليس لهما تأثير واضح في معدلات نمو الأعفان التي تم التطرق إليها آنفا، ولكن على أية حال، يمكن لهذين العاملين أن يؤثرا بشكل فعال في إنتاج السموم الفطرية، فعلى سبيل المثال يتم تحفيز إنتاج سموم الأفلا بشكل كبير إذا احتوى الوسط الغذائي على بعض الحوامض الأمينية، وحوامض دهنية معينة والعنصر المعدني الزنك.

يسبب تواجد بعض الأحياء المجهرية تحديد نمو الأعفان وإنتاج السموم الفطرية، فمثلاً النمو السريع لبعض أنواع البكتريا على اللحوم الطازجة يمنع تواجد الأعفان على هذا النوع من اللحوم. كما أن بعض الأعفان تؤدي إلى إعاقة نمو أنواع أخرى من الأعفان عند تواجدها في ذات الوسط في آن واحد. أما بالنسبة لعامل الزمن فيمكن القول بأن الوقت اللازم لإنبات السبورات والكونيديات يمكن أن يزداد إلى عشرات الأيام إذا لم تتوفر الظروف المناسبة لذلك، بينما يمكن أن تختصر هذه المدة إلى يوم واحد إذا كانت الظروف مواتية للإنبات.

العوامل المحددة أو المثبطة لنمو الأعفان :

إن معاملة الأغذية البشرية بمختلف مضادات نمو العفن مثل كبريتات النحاس، المركبات الكبريتية أو العضوية، يعد في بعض الأحيان ضرورياً قبل الحصاد وذلك بغية منع نمو الأعفان أو تثبيط نشاطها بشكل كبير. أما بالنسبة للفواكه والخضراوات فيمكن رشها بالمركبات آنفة الذكر أو غسلها بالماء الحار بعد الحصاد مباشرة لنفس الغرض آنف الذكر. أما بالنسبة للأغذية المصنعة مثل المربيات، الخبز، المعجنات فيضاف إليها بعض الحوامض العضوية مثل حامض

السوربيك ، البروبيونيك ، البنزويك كمواد حافظة وذلك خلال عمليات التصنيع لمنع نمو الأعفان عليها لاحقاً . وغالباً ما تستخدم أملاح الحوامض ذاتها . وتنشط فعالية هذه المواد الحافظة في درجات تركيز أيون الهيدروجين (pH) الواطئة.

إن أغلب الأعفان تكون حساسة لدرجات الحرارة العالية، وتعد عملية البسترة عند درجة حرارة تقع ما بين (70- 80°م) كافية لتثبيط نموها ، وتعد الأغذية المعلبة خالية من الأعفان تماماً إذا تم تعريضها لدرجات حرارة عالية بعد التعليب . فضلاً عن ذلك فإن من الضروري جداً اتخاذ كافة الإجراءات الصحية اللازمة لمنع تلوث أماكن تصنيع المواد الغذائية وذلك من خلال استخدام مواد التطهير المناسبة مثل الفورمالين ، غاز الكلور أو بخار الماء الساخن وذلك في مواعيد منتظمة . أما السموم الفطرية المنتجة فإنها قليلة التأثر بعمليات البسترة أو التعقيم بواسطة الحرارة لأن هذه المركبات ثابتة التراكيب ولا تتأثر بهذه المعاملات.

وفي ضوء ما سبق ذكره يمكن القول بأن العلاج الأفضل يكمن في منع نمو الأعفان وذلك للسيطرة على إنتاج السموم الفطرية وجعله في أقل حد ممكن إن لم نقل منع إنتاجه كلياً ، ويمكن تحقيق ذلك من خلال منع توفير الظروف الملائمة لنمو الأعفان ، من جهة أخرى لقد أصبح من الضروري أن يتم فحص كافة المواد الغذائية المعده للاستهلاك البشري للتأكد من خلوها من السموم الفطرية.

مستويات السموم الفطرية المسموح بتواجدها في الأغذية البشرية:

بغية حماية الإنسان من التعرض لمخاطر السموم الفطرية فقد قامت الدول بالتعاون مع منظمة الغذاء والزراعة الدولية التابعة للأمم المتحدة بسن التشريعات الخاصة بتحديد مستويات السموم الفطرية المسموح بتواجدها في الأغذية البشرية أو الأعلاف التي تعطى إلى ماشية الحليب واللحم والدجاج ، وتجدر الإشارة هنا إلى أن بعضا من دول العالم لا تسمح فيها قوانين السيطرة النوعية على الأغذية بتواجد أي مستوى ، مهما كان واطئا، من أي نوع من أنواع السموم الفطرية في الأغذية البشرية وكذلك الأعلاف الحيوانية والجدول (8-5) يوضح المستوى المسموح به من بعض أنواع السموم الفطرية في الأغذية البشرية والأعلاف الحيوانية .

الجدول (8-5) : مستويات سموم الأفلا والزيرالينون المسموح بتواجدها كحد أعلى في الأغذية البشرية حسب التشريعات الدولية .

نوع المادة الغذائية	الزيرالينون مايكروغرام / كيلوغرام	مستوى سموم الأفلا / جزء بالبليون
جميع أنواع الأغذية باستثناء الحليب	30 -60	10
الحليب	0.5	0.0 – 0.5
الذرة المستخدمة في إعداد أعلاف ماشية الحليب	200	20
المواد العلفية الأخرى المستخدمة في تغذية ماشية الحليب واللحم والدواجن	200	20

المصادر

المصادر العربية

إبراهيم، إسماعيل علي ، حسين العروسي، سمير ميخائيل، محمد علي عبد الرحيم (**1974**) . أمراض النبات. الطبعة الثانية ، دار المطبوعات الجديدة ، القاهرة ، ج.م.ع.

الجبوري، كركز محمد ثلج (**1994**).التأثير المتبادل بين الأفلاتوكسينات وبعض المركبات الغذائية في ذكور الجرذان النامية. رسالة ماجستير ، جامعة الموصل ، الموصل ، جمهورية العراق.

الجبوري، كركز محمد ثلج (**1997**). عزل الفطريات المنتجة للسموم من بعض أعلاف الدواجن. المجلة العراقية للعلوم البيطرية ، المجلد **11** :(**1**) .

الجبوري، كركز محمد ثلج وموفق محمود أحمد (1996) . فعل الرايبوفلافين المضاد للأفلاتوكسين في ذكور الجرذان النامية . مجلة زراعة الرافدين ، المجلد 28 (2) .

الجبوري، كركز محمد ثلج وموفق محمود أحمد (1996) . فعل السليلوز المضاد للأفلاتوكسين في ذكور الجرذان النامية . مجلة زراعة الرافدين ، المجلد 28 (2) .

خضير ، عبد الحميد خالد (**1987**) . أمراض النبات العام. الطبعة الأولى ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، الموصل ، جمهورية العراق .

ميخائيل ، سمير وتركي بيدر (**1981**) . أمراض البذور ، الطبعة الأولى ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، الموصل ، جمهورية العراق .

المصادر الأجنبية

Abo-norag, M., Edrington, T.S., Kubena, L.F., Harvey, R.B., Hagler, W.M. and Phillips, T.D. (1995). Influence of a hydrated sodium calcium aluminosilicate and virginamycin on aflatoxicosis in broiler chicks. Poult. Sci. 74 : 626-632.

Ahmad , M.M. and A.M.Thannuon (1992). Effect of aflatoxin on growth rate and weight of livers , kidneys and spleens in growing rats. Mesopotamia J. Agric., 24 : 9.

Alexopoulos , C. J. (1962) . Introductory Mycology .2nd edition , J. Wiley & Sons Inc. , N.Y. , U.S.A.

Al-Hilli ,A.L . and J.E. Smith (1979) . Influence of propionic acid on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* . FEMSM Microbiology Letters 6 .367.

Al-Zubeady, A.Z.D. (1995). Detection of maternally derived antibodies against chicken Newcastle disease virus in eggs and chicks, and its correlation with the degree of protection and challenge. M.Sc. thesis, Mosul University, 1-86.

Angel, J.S. (1989) Aflatoxin and aflatoxin-producing fungi in soil. Phytopathology .57 :802 .

Antonio , C.L. Cavalheiro (1983) . Aflatoxin and aflatoxicosis . Zootchnica International .

Araba ,M. and R.D. Wyatt (1991). Effects of sodium bentonite hydrated alumino –silicate (Novasil) and ethacal on aflatoxicosis in broiler chickens . Poultry Sci. ,70 (suppl. 1) : 6 (Abst.) .

Ashley ,D.L. ,D.L. Orti and R.H. Hill (1987). Proton nuclear magnetic resonance evidence for two configurations of the hemiacetal B1 and sterigamatocystin . J. Agric. Food Chem. ,35 .

Azzam, A.H. and Gabal, M.A. (1997) Interaction of aflatoxin in feed and immunization against selected disease. Av.Path. 26, 317-325.

Baily, R.H., Kubena, L.F., Harvey, R.B., Buckley, S.A. and Rottinghaus, G.E. (1998) Efficacy of various inorganic sorbents to reduce the toxicity of aflatoxin and T-2 toxin in broiler chickens. Poult. Sci. 77, 1623-1630.

Bintvihok, Thienginin, S. Patchimasiri, T., Thummabood, S., Shoya, S., Ogura, Y., Kumagai, S., Doi, K., Ingkaninun, P. and Poomvises, P. (1993) Toxic effects of dietary aflatoxin and its residue in tissues and eggs in laying quails. Proceedings, 11th International Symposium of the World Association of Veterinary Food Hygienists, 24-29 October 1993, Bangkok, Thailand, 299-307.

Boonchuvit, B. and Hamilton, P.B. (1985). Interaction of aflatoxin and paratyphoid infection in broiler chickens. Poult. Sci., 54: 1567-1573.

Boulton, S.L., Dick, J.W. and Huges, B.L .(1980) .Effects of dietary aflatoxin and ammonia-inactivated aflatoxin on Newcastle disease antibody titers in layer breeders. Avian. Dis. 1: 1-16.

Campell, M.L., Doerr, J.A., May, J.D. and Huff, W.E. (1981). Immunity in young broiler chickens during simultaneous aflatoxicosis and ochratoxicosis. Poult. Sci. 60; 1633p (abstract).

Council for Agricultural Science and Technology (1989). Mycotoxins : economic and health risks. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, IA : 1 - 91.

Dale, N. and Wyatt, R.D. (1995). Impact of a sodium bentonite and an aluminosilicate on protecting chicks from aflatoxins.

Poult. Sci. 184; 62p (abstract).

Dalvi ،R.R. and Ademoyers, A.A. (1983). Toxic effects of aflatoxin B_1 in chickens given diets contaminated with *Aspergillus flavus* and reduction of the toxicity by activated charcoal and some chemical agents. Avian Dis. 28 : 61 - 69.

Edds G.T., Bortell R .A. (1983) Biological effects of aflatoxin in poultry. In : Diener, U. Asquith, R. and Dickens, J .(eds). Aflatoxin and *Aspergillus flavus* in Corn. Southern Cooperative Series Bulletin No. 279: 56-61, USA.

Edds, G.T. and Simpson, C.F. (1976). Cecal coccidiosis in poultry as affected by prior exposure to aflatoxin B_1. Amer. J. V. Res. 37; 65-68.

El-Zanaty, K., El-Maraghy, S.S.M., Abdul-Motalib, T. and Salem, R. (1989). Effect of aflatoxin on Newcastle disease vaccination in broiler chicks. Assiut Vet. Med. J. 43 : 184-189.

Fernandez, A. Verde, M., Gascon, M., Ramos, J. Gomez, J., Luco, D. F. and Chavez, G. (1994) Variations of clinical, biochemical parameters of laying hens and broiler chickens fed aflatoxin containing feed. Av. Path. 23,37-47.

Sci. 58: 119-122.

Fernandez, A., Verde, M.T., Gomez, J., Gascon, M. and Ramos, J.J. (1995). Changes in the prothrombin time, hematology and serum proteins during experimental aflatoxicosis in hens and broiler chickens. Res. Vet. Sci. 58: 119-122.

Giambrone, J.J., Diener, U.L., Davis, N.D., Panagala, V.S. and Hoerr, F.J. (1985) Effect of aflatoxin on young turkeys and broilers chickens. Poult. Sci. 64, 1678-1684.

Hamilton P.B. (1984) Determining safe levels of mycotoxins. J. Food Prot., 47: 570-575.

Hamilton, P.B. and Harris, J.R. (1971). Interaction of aflatoxicosis with *Candida albicans* infections and other stresses in chickens. Poult. Sci. 50; 906-912.

Horwitz, W., Albert, R. and Nesheim, S. (1993). Reliability of mycotoxin assays - an update. J. AOAC. Int. 3 : 641-490.

Howel, M.V. and Taylor, P.W. (1981) Determination of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in mixed feeds, with detection by thin layer chromatography or high performance liquid chromatography. J. Assoc. Off.Anal. Chem.,64: 1456-1363.

Huff, W.E., Harvery ,R.B.and Kubena ,L.F. (1988) Toxic synergism between aflatoxin and T-2 toxin in broiler chickens. Polut. Sci., 67: 1418-1423.

Huff, W.E. and Doerr, J.A. (1981). Synergism between aflatoxin and ochratoxin A in broiler chickens. Poul. Sci. 60 : 550-555.

Ibrahim ,I.K., Al-Joubory, K.M.T.and Shareef, A.M. (1998)Reducing aflatoxicosis in growing chicks by dietary sodium bentonite. IPA J. of Agric Res., 8(1): 130-138.

Ibrahim, I.K., Shareef, A.M.and Al-Joubory, K.M.T. (1998)The effect of activated charcoal in reducing aflatoxicosis in young chicks. IPA J. of Agric Res.,8(2): 286-295.

Ibrahim, I.K., Al-Joubory, K.M.T.and Shareef, A.M.(1999)The effect of different antiaflatoxin compounds in growing chicks: A comparative study. Dirrasat (Agric Sci), 26(2): 292-298.

Ibrahim,I.K., Shareef, A.M. and AL-Jubory, K.M.T. (2000) Ameliorative effects of sodium bentonite on phagocytosis and Newcastle disease antibody formation in broiler chickens during aflatoxicosis . Res. Vet. Sci. 69, 119-122.

Ibrahim, I.K., Shareef, A.M. and Al-Jubory, K.M.T.(2002). The effect of activated charcoal in reducing aflatoxicosis in broiler chicks .Iraqi J. Agric.,7 (6).

Jain, N.C.(1986) Schalm's Veterinary Hematology. 4^{th} ed., Lea and Febiger ,Phila., 35-36.

Jindal, N., Mahipal, S.K. and Mahajin, N.K. (1994). Toxicity of aflatoxin B_1 in broiler chicks and its reduction by activated charcoal. Res. Vet. Sci. 56 : 37-40.

Kececi, T., Oguz, H, Kurtoglu, V. and Demet, O. (1998) Effects of polyvinylpolyrolidone, synthetic zeolite and bentonite on serum biochemical and hematological characters of broiler chickens during aflatoxicosis. Brit. Poult. Sci., 39: 452-458.

Krogh P. Mycotoxins in food. In, Food Science and Technology, B.S. Schwegert (editor). University of California, USA, 1987: 35-62.

Kubena LF, Edrington FS, Kampshcltzapple C, Harvey RB, Elissalde MH, Rottinghaus GE. Effects of feeding fumonism B_1 present in *Fusarium moniliforme* culture material and aflatoxin singly and in combination to turkey poults. Poult Sci, 1995; 74: 1295-1303.

Kubena, L.F. Harvey, R.B., Baily, R.H.Buckley, S.A. and Rottinghaus, G.E. (1998) Effects of hydrated sodium calcium aluminosilicate (T- Bind^{TM}) on mycotoxicosis in young broiler chickens. Poult. Sci., 77: 1502-1509.

Kubena, L.F. Harvey, R.B., Philips, T.D. and Clement, B.A. (1993), Effects of hydrated sodium calcium aluminosilicate on

aflatoxicosis in broiler chicks. Poult. Sci., 72: 651-657.

Kubena, L.F., Harvey, R.B., Buckley, S.A., Edrington, T.S. and Rottinghaus, G.E. (1997). Individual and combined effects of Moniliformin present in *Fusarium fujikuori* culture material and aflatoxin in broiler chicks. Poult. Sci. 76 : 265-270.

Ledoux, D.R., Rottinghaus, G.E., Bermudez, A. J. and Alonso-Debolt, M. (1999) Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to ameliorate the toxic effects of aflatoxin in broiler chicks. Poult. Sci., 78: 204-210.

Lesson, S., Diaz. G and Summers, J. D. (1995) Aflatoxin, in: Lesson, S., Diaz, G. and Summers, J.D. (Eds) Poultry Metabolic Disorders and Mycotoxins, pp: 248-279. (Guelph, Canada University Books).

Lychnikov, E.A. and Kostomarova, L.K. (1989). Acute toxicosis. Moscow : Medical Publishing, 230.

Murry, R.D.H. (1982). Biological action, aflatoxins. In : The natural coumarins: occurrence, chemistry and biochemistry. Eds. Murry RDH, Mendez J. and Brown S.A. John Wiley, New York. 227-269 pp.

Nabney, J. and Nesbitt, B.F. (1965). A spectro-photometric method of determining the aflatoxins. Analyst. 90: 155-160.

Natt, M.P.and Herrick, C.A.(1952) A new blood diluent for counting erythrocytes and leukocytes of the chicken. Analyst,; 90: 155-160.

Nichols, T.D. (1983)Economic effects of aflatoxin in corn. In : Aflatoxin and *Aspergillus flavus* in corn. Diener, U., Asquith, R.and Dickens. J3.(ed.), Southern Cooperative Series Bulletin No. 279, Auburn Univ., AL: 67-71.

Oguz, H. and Kurtoglu, V. (2000) Effect of clinoptilolite on fattening performance of broiler chickens during experimental aflatoxicosis. Brit. Poult. Sci. 41, 512-517.

Oguz, H., Kurtoglu, V. and Coskun, B. (2000) Preventive efficacy of clinoptilolite in broilers during chronic aflatoxin (50 and 100 ppb) exposure. Res. Vet.Sci. 69. 197-201.

Olver, M.D. (1997) Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of 3 strains of laying hens. Brit. Poult. Sci., 38: 220-222.

Parlat, S. S., Yildiz, A. O. and Oguz, H. (1999) Effect of clinoptilolite on fattening performance of Japanese quail (Coturnix Coturnix Japonica) during experimental aflatoxicosis. Brit.Poult. Sci. 40, 495-500.

Petrykin, E.V. (1989). Adsorbents, In : Feeds and feed

additives. Moscow. Agricultural press. 461-466.

Phillips ,T.D., Kubena, L.F., Harvey ,R.B., Taylor, D.S.and Heidelburgh, N.D.(1988) Hydrated sodium calcium aluminosilicate : A high affinity sorbent for aflatoxin. Poult Sci.,67: 243-247.

Qureshi, M.A., Brake, J., Hamilton, P.B., Hagler Jr., W.M. and Nesheim, S. (1998) Dietary exposure of broiler breeders to aflatoxin results in immune dysfunction in progeny chicks . Poult. Sci., 77: 812-819.

Richard, J.L., Pier, A.C., Cysewsk, S.J. and Granan, C.K. (1973). Effect of aflatoxin and aspergillosis on turkey poults. Avian Dis. 17; 111-121.

Shareef, A.M., Al-Jubory, K.M. and Hassan, M.G. (1998). Effect of activated charcoal in reducing dietary aflatoxin-induced stress in broiler chicks. Iraqi J. Vet. Sci. 1 : 23-29.

Shotwell, O.L., Hessettine, C.W., Stubblefield, R.D. and Sorenson, W.G. (1966). Production of aflatoxin on rice. App. Microbiol. 14 : 425-428.

Smith, J.E. and Moss, M.O. (1985). Control of mycotoxins. London: John Wiley and Sons Ltd., 126-142.

Smith, J.W. and Hamilton, P.B. (1970). Aflatoxicosis in the broiler chicken. Poult. Sci. 49 : 207-215.

Spensly, P.C.(1963) Aflatoxin, the active principle in Turkey "X" disease. Endeavor, 1963; 22: 75-79.

Sunderman ,F.W., Macfate, R., McFayden ,D.A., Stevenson ,G.F.and Copeland, B.C.(1953) Symposium on clinical haemoglobinometry. Am .J. Clin. Path., 23: 519-598.

Thaxton, J.P., Tung, H.T. and Hamilton, P.B. (1974). Immuno suppression in chickens by aflatoxin. Poult. Sci. 35; 721-725.

Tung,H.T., Cook, F.W., Wyatt ,R.D.and Hamilton ,P.B. (1975) The anemia caused by aflatoxin. Poult Sci,; 54: 1962-1969.

Weibking, T.S., Ledouk, D.R., Bermudez, A.J. and Rottinchaus, G.E. (1994). Individual and combined effects of feeding *Fusarium moniliforme* culture material, containing known levels of Fumonisin B_1, and aflatoxin B_1 in the young turkey poults. Poult. Sci. 73 : 1517-1525.

West, S., Wyatt, R.D. and Hamilton, P.B. (1973). Increased yield of aflatoxin by incremental increase of temperature. Appl. Microbiol. 25 : 1018-1019.

Wiseman, H.G,. Tacobson, W.C. and Harmeyer, W.E. (1967) Note on removal of pigments from chloroform extracts of aflatoxin cultures with copper carbonate. J. Associ. Agric. Chem., 50: 982-983.

فهرس المحتويات